

ский Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарёва. Россия.

Недайборщ Юлия Николаевна, канд. с.-х. наук, доцент кафедры «Агрономия и ландшафтная архитектура», Национальный исследовательский Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарёва. Россия.

Емельянов Сергей Владимирович, канд. с.-х. наук, доцент кафедры «Агрономия и ландшафтная архитектура», Национальный исследователь-

ский Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарёва. Россия.

Бочкарев Владимир Дмитриевич, студент, Национальный исследовательский Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарёва. Россия.

430904, г. Саранск, ул. Большевикская, 68.

Тел.: (8342) 47-29-13.

Ключевые слова: залежь; обработка почвы; предшественник; плотность почвы; пористость общая; капиллярная пористость; некапиллярная пористость; структура почвы.

THE INFLUENCE OF TILLAGE METHODS OF FALLOWS ON AGROPHYSICAL FERTILITY INDICATORS OF PODZOLIZED CHERNOZEM

Bochkaryov Dmitry Vladimirovich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the chair "Agronomics and Landscape Architecture", Agrarian institute, Ogarev Mordovia State University, Russia.

Devyatkina Tatyana Fiodorovna, candidate of agricultural sciences, associate professor de-partment of agronomics and landscape architecture, Mordovia State University named after N.P. Ogarev, Russia.

Nedayborshch Yulia Nikolaevna, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Teacher of the chair "Agronomics and Landscape Architecture", Agrarian institute, Ogarev Mordovia State University, Russia.

Emelyanov Sergey Vladimirovich, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the chair "Agronomics and Landscape Architecture", Agrarian institute, Ogarev Mordovia State University, Russia.

Yakupov Evgeny Nikolaevich, Post-graduate Student of

the chair "Agronomics and Land-scape Architecture", Agrarian institute, Ogarev Mordovia State University, Russia.

Keywords: fallow; tillage; cover crop; soil density; total porosity; capillary porosity; non-capillary porosity; soil structure.

The article is devoted to the research results of influence of different tillage methods of fallow lands and cover crops of winter wheat on agrophysical fertility indicators of chernozem in Forest-steppe zone in the south of the Non-Black soil region. It has been found out that fallow lands tillage with ameliorative disc harrow has the same effect on agrophysical fertility indicators of chernozem as traditional tillage including disking and following plowing. This method can be recommended as a basic tillage. The best cover crop for winter wheat, favorably affecting the agrophysical indicators of fertility is vetch-oat hays.

УДК631.619:633.26

ПРИЕМЫ УЛУЧШЕНИЯ АГРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СОЛОНЦОВЫХ ПОЧВ

ДЕНИСОВ Евгений Петрович, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

ПОЛЕТАЕВ Илья Сергеевич, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

ЗУЕВ Валентин Васильевич, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

Показаны удельный вес солонцов в пахотных землях Саратовской области и их вредоносность. Выявлено влияние различных доз осадков сточных вод на водно-физические свойства солонцов. Значительно улучшается водопрочность структурных агрегатов, что ведет к снижению плотности почвы до уровня оптимального значения. Отмечено повышение пористости и водопроницаемости почвы. Улучшение водно-физических свойств способствует впитыванию воды в почву и увеличивает запасы весенней влаги в метровом слое. Урожайность люцерны и донника на солонце без внесения осадков сточных вод практически равна нулю. При внесении этого вида удобрений в высоких дозах урожайность зеленой массы люцерны составляла 24 т/га, а донника – 38 т/га. Осадки сточных вод и посевы многолетних бобовых трав – эффективные и экономически выгодные приемы повышения плодородия солонцовых почв.

Солонцеватые почвы характеризуются неблагоприятными водно-физическими свойствами. Это приводит к потере урожайности сельскохозяйственных культур до 20–40 % и более [1, 5]. В некоторых случаях при сильном осолонцевании почв урожай практически отсутствует.

В Саратовской области насчитывается 11,5 % солонцовых почв, то есть 1128 тыс. га, в том числе 600 тыс. га солонцов, на которых сельскохозяйственные культуры практически не дают урожайность [2, 3]. В Правобережье Саратовской области в значительной мере распространены магниевые





солонцы, которые по отрицательным свойствам очень похожи на натриевые. Солонцы обладают слабой водопрочностью структуры, высокой слитностью, переуплотнением почвы, низкой водопроницаемостью, малой нитрификационной способностью, небольшим количеством гумуса и кальция. Содержание магния превышает 46 % [4].

Важным элементом восстановления плодородия солонцовых почв считается широкое использование устойчивых к ним растений в сочетании с местными ресурсами. К последним следует отнести различные органические удобрения, отходы производства, осадки сточных вод и т. д. В России ежегодно образуется около 65 млн т твердых осадков сточных вод (ОСВ) в пересчете на сухое вещество, в том числе в Саратовской области – 9,2 млн т, реутилизация которых представляет важную проблему экологии. Поэтому разработка агроприемов повышения плодородия солонцов и солонцовых почв при совместном использовании осадков сточных вод и устойчивых к солонцам сельскохозяйственных культур является важной задачей не только земледелия, но и экологии.

Цель исследований заключалась в разработке различных приемов повышения плодородия солонцов и солонцеватых почв чернозема южного в Поволжье.

Методика исследований. Опыты по улучшению плодородия солонцевых почв проводили в ООО «Эвелина» Саратовского района Саратовской области в 2015–2017 гг. По количеству осадков наиболее сухим был 2016 г., наиболее влажным – 2017 г.

Исследования проводили на солонцах черноземов южных. Для улучшения солонцов вносили осадки сточных вод станции аэрации г. Саратова в дозах 50, 100, 150 и 200 т/га. Площадь делянок 100 м², повторность четырехкратная, расположение делянок рендомизированное.

После запашки осадков сточных вод высевали люцерну синюю и донник желтый. Мелиоративный период длился на опыте с люцерной 3 года, на опыте с донником 2 года.

Наблюдения за степенью водопрочности структурных агрегатов вели методом П.И. Андриянова; плотность почвы в полевых условиях определяли буром Н.А. Качинского, методом режущих колец послойно через 0,1 м до глубины 0,6 м; водопроницаемость – полевым методом заливки площадок.

Результаты исследований. Одним из отрицательных свойств солонцов является снижение или полное отсутствие водопрочности структуры почвы. Определение водопрочности структуры показало, что в солонцовой почве в нашем опыте она почти полностью отсутствовала.

Внесение 50 т/га осадков сточных вод увеличивало водопрочность структурных агрегатов солонцовой почвы до 20,1–20,7 %. В среднем за три года исследований она возросла на 18,5 %. Применение 100 т/га осадков повысило водопрочность

структуры на 25,2–28,7 % (25,4 %). Запашка 150 т/га удобрений повысила водопрочность структурных агрегатов до 30,7–36,3 %, а 200 т/га – до 36,6–41,2 %. В среднем за 3 года она возросла на 37,8 %, т.е. практически достигла фонового показателя. Соответственно увеличивался и коэффициент структурности. Если коэффициент структурности солонцов приближался к нулю, то внесение 50 т/га осадков сточных вод увеличивало его до 0,25; 100 т/га – до 0,33; 150 т/га – до 0,52 и 200 т/га – до 0,66.

Плотность почвы является интегральным показателем плодородия. От нее зависят водопроницаемость и запасы доступной влаги, следовательно и водный режим растений. Одним из отрицательных свойств солонцов является высокая плотность почвы, которая напрямую зависит от ее структуры и изменения органического вещества в корнеобитаемом слое.

Плотность почвы в верхнем слое 0–0,2 м в период вегетации во многом зависела от влажности. В весенний период и первую половину вегетации плотность на солонцовой почве без внесения осадков сточных вод достигала за годы исследований 1,46–1,48 г/см³. Это значительно выше оптимальных значений этого показателя. В сухих условиях растения практически гибнут при данных характеристиках почвы.

Внесение осадков сточных вод в различной степени разуплотняло солонец в зависимости от дозы вносимых удобрений. В среднем за годы исследований плотность почвы в течение вегетации без внесения осадков сточных вод составляла на контроле 1,47 г/см³. При внесении 50 т/га удобрения она снизилась на 0,09 г/см³; 100 т/га – на 0,18 г/см³; 150 т/га – на 0,20 г/см³; 200 т/га – на 0,22 г/см³, или на 15,0 % (табл. 1).

Особенно высокой плотность солонца была в сухой период, к уборке урожая (табл. 2).

В среднем за 3 года при уборке плотность почвы в слое 0–0,2 м составляла 1,56 г/см³. На варианте с внесением 50 т/га осадков она снизилась на 0,16 г/см³. На фоне 100 т/га удобрений плотность верхнего слоя почвы уменьшилась на 0,22 г/см³; 150 т/га – на 0,29 г/см³, 200 т/га – на 0,34 г/см³, или на 21,8 %. Снижению плотности способствовала ежегодная запашка большого количества органического вещества в почву, особенно при возделывании многолетних бобовых трав. Уменьшение плотности почвы способствовало увеличению общей пористости (табл. 3).

В период вегетации культурных растений пористость солонца составляла 46,6–46,9 %. При внесении 50 т/га осадков сточных вод она возросла на 3,1–3,5 %. Применение 100 т/га удобрений повысило пористость на 6,2–7,1 %, 150 т/га – на 6,5–7,9 %, 200 т/га – на 7,2–8,3 %. В среднем за годы исследований пористость почвы на солонце не превышала 46,7 %. Внесение (в среднем) 50 т/га осадков сточных вод увеличивало пористость на 3,1 %, 100 т/га – на 6,5 %, 150 т/га – на 7,8 %.



Таблица 1

Плотность почвы в период вегетации в слое 0–0,2 м, г/см³

Доза ОСВ, т/га	Годы исследований			В среднем
	2015	2016	2017	
Контроль	1,47	1,46	1,48	1,47
50	1,39	1,38	1,37	1,38
100	1,30	1,29	1,27	1,29
150	1,29	1,26	1,25	1,27
200	1,27	1,25	1,24	1,25

Таблица 2

Плотность почвы к уборке культур в слое 0–0,2 м, г/см³

Доза ОСВ, т/га	Годы исследований			В среднем
	2015	2016	2017	
Контроль	1,52	1,55	1,61	1,56
50	1,39	1,40	1,41	1,40
100	1,32	1,34	1,35	1,34
150	1,27	1,26	1,28	1,27
200	1,20	1,25	1,22	1,22

Различие контрольного варианта с удобрением возрастало к уборке соответственно дозам осадков сточных вод на 4,8–7,2; 7,3–9,2; 9,1–12,0 и 11,7–14,2 %. В среднем за годы исследований к уборке пористость почвы увеличивалась при внесении осадков сточных вод от 5, до 12,3 % (табл. 4). Без внесения осадков сточных вод водопроницаемость была низкой и составляла в первый год внесения удобрений 0,34 мм/мин, или 20,3 мм за первый час от начала впитывания. На третий год после внесения осадков она не превышала 0,29 мм/мин, или 17,4 мм/ч.

Внесение 50 т/га осадков сточных вод повысило водопроницаемость солонца в первый год опыта до 0,42 мм/мин, или 25,2 мм/ч, а на третий год – до 0,49 мм/мин, или 29,4 мм/ч. С увеличением доз осадков сточных вод увеличивалась водопроницаемость почвы. На фоне 100 т/га удобрений в первый год водопроницаемость составила 0,67 мм/мин, или 40,2 мм/ч, на третий год – 1,20 мм/мин, или 72,0 мм/ч. Водопроницаемость уже при внесении 100 т/га удобрений перешла из низкой в разряд средней величины. При 150 т/га в первый год внесения ОСВ этот показатель возрос до 0,96 мм/мин, или 57,6 мм/ч, а на третий год – до 1,77 мм/мин, или до 106,2 мм/ч. Внесение 200 т/га осадков повысило водопроницаемость почвы соответственно по

годам до 1,45 мм/мин (87,0 мм/ч), до 2,07 мм/мин (124,2 мм/ч) и до 2,07 мм/мин (124,2 мм/ч).

Увеличение плотности и пористости почвы способствовало повышению водопроницаемости (рис. 1). Водопроницаемость почвы у была тесно связана с плотностью солонца x . Коэффициент корреляции не превышал $-0,750$. Снижение плотности с $1,46$ г/см³ до $1,22$ г/см³ повышало водопроницаемость в 6–7 раз.

Улучшение водно-физических свойств солонцевой почвы способствовало повышению весенних запасов влаги в почвогрунтах (табл. 5).

В среднем за 3 года запасы влаги в солонцевой почве на контроле составили 89,7 мм. При применении 50 т/га удобрений они увеличились на 14,7 мм. На фоне 100 т/га количество влаги возросло на 27,7 мм, на фоне 150 т/га – на 40,7 мм, а при 200 т/га – на 53,5 мм, или на 59,6 %.

Водопроницаемость заметно влияла на увеличение запасов влаги в почве. Зависимость запасов влаги в почве x от водопроницаемости y выражалось уравнением полинома второй степени: $y = -0,0004x^2 + 0,5086x + 91,832$ при $r = 0,804$ (рис. 2).

Таким образом, величина запасов влаги в почве во многом зависела от водопроницаемости, которая на солонце определялась главным образом водопрочностью структурных агрегатов, а последняя в свою

Таблица 3

Пористость почвы по вариантам опыта в период вегетации, %

Доза ОСВ, т/га	Годы исследований			В среднем
	2015	2016	2017	
Контроль	46,6	46,9	46,7	46,7
50	49,5	49,8	50,2	49,8
100	52,8	53,1	53,8	53,2
150	53,1	54,2	54,6	54,0
200	53,8	54,6	55,0	54,5

Таблица 4

Водопроницаемость почвы за первый час впитывания

Доза ОСВ, т/га	В первый год		На второй и третий год	
	мм/мин	мм/ч	мм/мин	мм/ч
Контроль	0,34	20,3	0,29	17,4
50	0,42	25,2	0,49	29,4
100	0,67	40,2	1,20	72,0
150	0,96	57,6	1,77	106,2
200	1,45	87,0	2,07	124,2

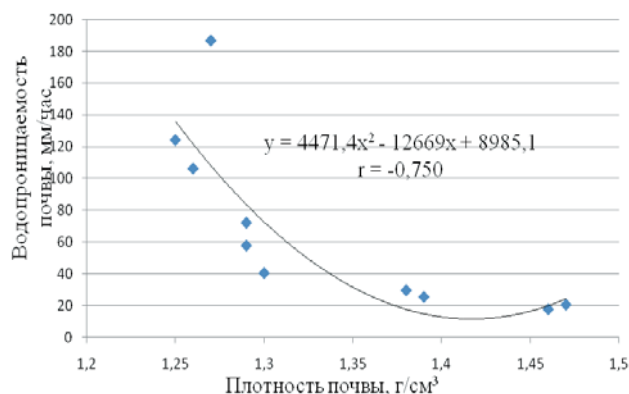


Рис. 1. Зависимость водопроницаемости почвы от ее плотности

очередь зависела от доз внесения осадков сточных вод. Улучшение водно-физических свойств почвы и повышение запасов влаги в почвогрунтах способствовало увеличению урожайности зеленой массы многолетних трав (табл. 6).

Без внесения осадков сточных вод в среднем за 2 года люцерна наращивала на солонце 4,31 т/га зеленой массы, а донник – 3,70 т/га, или на 16,40 % меньше люцерны. В среднем за годы исследований донник повысил урожайность зеленой массы при внесении удобрений на 16,50–34,50 т/га, а люцерна – на 8,40–19,87 или больше, чем люцерна почти в два раза.

При внесении осадков сточных вод в дозе 50 т/га урожайность донника превышала люцерну на 15,90 %. При высоких дозах осадков сточных вод по урожайности люцерны уступала доннику на 51,60 %.

При внесении осадков сточных вод содержание тяжелых металлов повышалось в почве, особенно в первый год после внесения, как в дозе 50 т/га, так и в дозе 200 т/га. По сравнению с контролем внесение 50 т/га увеличивало содержание в почве свинца в 2 раза, мышьяка и ртути в меньших количествах. Внесение 100 т/га повышало содержание свинца в 1,3 раза, мышьяка и ртути – в 1,3 раза. Доза ОСВ 150 т/га повышала содержание тяжелых металлов в пахотном слое почвы в 1,6–4,4 раза. Следует отме-

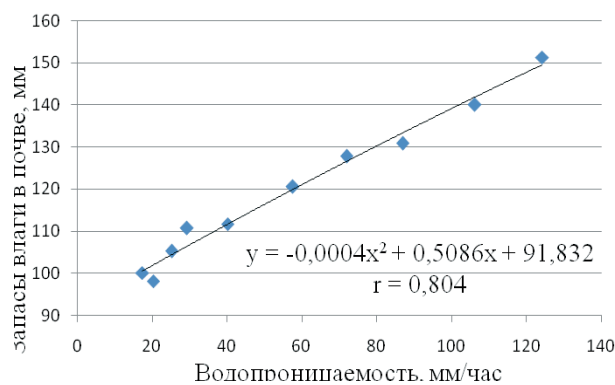


Рис. 2. Зависимость запасов влаги в метровом слое почвы от водопроницаемости

тить, что даже внесение 200 т/га осадков сточных вод не превышало предельно допустимой концентрации их в почве.

На контрольном варианте люцерны дала низкую урожайность, что привело к убытку в 5 тыс. руб./га, или 55 %. При внесении осадков сточных вод дополнительный чистый доход составил от 1 до 7 тыс. руб./га. Уровень рентабельности при этом колебался от 9 до 41 %.

Выводы. Внесение осадков сточных вод в дозах от 50 до 200 т/га улучшало водопроходимость структурных агрегатов, снижало плотность солонцевой почвы, повышало водопроницаемость и запасы влаги в почве.

Урожайность люцерны и донника при внесении ОСВ повысилась, достигнув 24,18 и 38,20 т/га при уровне рентабельности 41 %.

Посевы люцерны и донника снижали содержание тяжелых металлов в почвах за период улучшения солонца в 1,2–4 раза. Следовательно, использование осадков сточных вод при рассолонцевании чернозема южного можно считать экологически безопасным агроприемом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Виноградова Ю.В., Куклина, А.Г. Ресурсный потенциал инвазивных видов растений. – М.: ГЕОС, 2012. – 186 с.

Таблица 5

Запасы доступной влаги в метровом слое почвы, мм

Доза ОСВ, т/га	Годы исследований			В среднем
	2015	2016	2017	
Контроль	98,1	100,1	70,9	89,7
50	105,2	110,7	97,3	104,4
100	111,7	127,8	112,7	117,4
150	120,6	140,1	130,4	130,4
200	130,8	151,3	147,5	143,2

Таблица 6

Урожайность зеленой массы люцерны и донника в среднем за годы исследований после внесения осадков сточных вод, т/га

Доза ОСВ, т/га	Люцерна		Донник	
	урожайность зеленой массы, т/га	урожайность при внесении ОСВ, т/га	урожайность зеленой массы, т/га	урожайность при внесении ОСВ, т/га
Контроль	4,31	–	3,70	–
50	12,71	8,40	20,20	16,50
100	17,25	12,94	30,70	27,00
150	21,10	16,79	36,70	33,00
200	24,18	19,87	38,20	34,50
HCP ₀₅ A = 0,153, F _φ = 8547, F _T = 2,39			HCP ₀₅ = 0,031, F _φ = 770,8, F _T = 3,26	



2. Кружилин И.П., Дронова Т.Н. Ассортимент бобовых трав как источник плодородия орошаемых земель // Вопросы мелиорации. – 1994. – № 2. – С. 49–52.

3. Мелихов В.В., Казакова Л.А. Комплексная мелиорация солонцовых почв // Земледелие. – 2005. – № 2. – С. 8–9.

4. Уполовников Д.А., Денисов Е.П., Денисов К.Е., Зуев В.В., Полетаев И.С. Способ мелиорации солонцовых почв // Патент России № 2581672. 2016. Бюл. № 11.

5. Эффективность использования клиноптилолита для повышения плодородия черноземных почв / А.Н. Арёфьев [и др.] // Аграрный научный журнал. – 2017. – № 8. – С. 3–7.

Денисов Евгений Петрович, д-р с.-х. наук, проф. кафедры «Земледелие, мелиорация и агрохимия», Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.

Полетаев Илья Сергеевич, канд. с.-х. наук, ассистент кафедры «Земледелие, мелиорация и агрохимия», Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.

Зуев Валентин Васильевич, аспирант кафедры «Земледелие, мелиорация и агрохимия», Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.

410012, г. Саратов, Театральная пл., 1.

Тел.: (8452) 26-16-28.

Ключевые слова: солонцовые почвы; осадки сточных вод; водно-физические свойства почвы; люцерна синяя; донник желтый.

TECHNIQUES FOR IMPROVING AGROPHYSICAL PROPERTIES OF ALKALINE SOIL

Denisov Evgeniy Petrovich, Doctor of Agricultural Sciences, Honored Scientist of RF, Professor of the chair "Crop Production, Amelioration and Agrochemistry", Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Russia.

Poletaev Ilya Sergeevich, Candidate of Agricultural Sciences, Assistant of the chair "Crop Production, Amelioration and Agrochemistry", Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Russia.

Zuev Valentin Vasylyevich, Post-graduate Student of the chair "Crop Production, Amelioration and Agrochemistry", Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Russia.

Keywords: alkaline soil; sewage sludge; water-physical properties of the soil; alfalfa blue; sweet clover yellow.

The specific gravity of alkaline soil in the arable lands of the Saratov region and their harmfulness are shown. The influence

of various doses of sewage sludge on the water-physical properties of alkaline soil was revealed. First of all, water resistance of structural aggregates is significantly improved. This leads to a decrease in soil density to the level of the optimum value. It is marked an increase in porosity and water permeability of the soil. The improvement of these water-physical properties increases the absorption of water into the soil and the reserves of spring moisture in a meter layer. The yield of alfalfa and sweet clover in alkaline soil without the introduction of sewage sludge was practically absent, the introduction of this type of fertilizer in high doses promoted the yield of a green mass of alfalfa of 24 t/ha, and a sweet clover - 38 t/ha. Sewage sludge and sowing of perennial legumes were effective and cost-effective methods of increasing the fertility of alkaline soil.

УДК 631.445.41:633.51.021:631.8

ИЗМЕНЕНИЯ СОСТАВА ОБМЕННЫХ ОСНОВАНИЙ И РЕАКЦИИ СРЕДЫ НА ЧЕРНОЗЕМАХ ЮЖНЫХ ПОД ВЛИЯНИЕМ ПРИЕМОВ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И УДОБРЕНИЙ В СЕВООБОРОТЕ

ЛЮБИМОВА Марина Николаевна, ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока»

АЗИЗОВ Закиулла Мтыуллович, ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока»

Проанализированы изменения физико-химических свойств чернозема южного под воздействием различных приемов основной обработки почвы и удобрений. Выявлено, что лемешное лушение с внесением удобрений в севообороте позволяет поддерживать физико-химические свойства чернозема южного на уровне вспашки с внесением удобрений. Вспашка и лемешное лушение без внесения удобрений уступают по всем физико-химическим показателям соответствующим вариантам обработки на удобренном фоне. Некоторое преимущество по физико-химическим показателям по отношению к вспашке и лемешному лушению на обоих фонах удобренности имеет плоскорезная обработка. Установлено, что в условиях континентального климата Поволжья и развития дернового травянистого растительного покрова с дерново-степным типом почвообразования приемы основной обработки почвы в сочетании с удобрениями не ухудшают физико-химические свойства чернозема южного тяжелосуглинистого и сохраняют его эффективное плодородие. В 4-польном зернопаровом севообороте в среднем за 2000–2015 гг. урожайность озимой пшеницы на фоне внесения удобрений в вариантах с ежегодной глубокой вспашкой составила 2,83 т/га, с ежегодной мелкой плоскорезной обработкой – 2,90 т/га, с ежегодным лемешным лушением – 2,88 т/га; на фоне без удобрений – 2,50; 2,55 и 2,68 т/га ($HCp_{05} = 0,33$ т/га) соответственно.

Одним из непосредственных источников элементов минерального питания растений в почве являются обменные катионы в почвенно-поглощающем комплексе (ППК). От их

состава и соотношения зависит агрегированность почвы, поглощение органического вещества твердыми фазами, образование органоминеральных соединений, реакция почвенного раствора, кото-