

УДК 631.41 (470. 620)

UDC 631.41 (470. 620)

06.01.00 Агронимия

Agronomy

ВЛИЯНИЕ ПОЧВЕННОГО МЕЛИОРАНТА НА ВОДНО – ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И СТРУКТУРНОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВ КУБАНИ

INFLUENCE OF SOIL MELIORANT ON WATER - PHYSICAL PROPERTIES AND STRUCTURAL STATE OF SOILS OF THE KUBAN REGION

Слюсарев Валерий Никифорович¹
д. с.-х. н., профессор кафедры почвоведения
SPIN-код (РИНЦ): 9747-6558

Slyusarev Valeriy Nikiforovich¹
Doctor of Agricultural Sciences, Professor of Soil
Science Department, SPIN-code: 9747-6558

Осипов Александр Валентинович¹
к. с.-х. н., доцент кафедры почвоведения
SPIN-код (РИНЦ): 1932-9822

Osipov Alexander Valentinovich¹
Candidate of Agricultural Sciences, Associate
Professor of Soil Science Department,
SPIN-code: 1932-9822

Пинчук Александра Петровна²
к. с.-х. н., доцент кафедры кадастра и
геоинженерии, SPIN-код (РИНЦ): 3115-2073

Pinchuk Alexandra Petrovna²
Associate Professor of the department of cadastre and
geoengineering, SPIN-code: 3115-2073

Мальнева Вера Юрьевна¹
студентка факультета агрохимии и защиты
растений
1 – *Кафедра почвоведения.*
Кубанский государственный аграрный
университет имени И.Т. Трубилина
г. Краснодар, Россия, kubsoil@mail.ru
2 – *Кафедра кадастра и геоинженерии*
Кубанский государственный технологический
университет г. Краснодар, Россия
alexapin@mail.ru

Malneva Vera Yurievna¹
student of the Faculty of Agrochemistry and Plant
Protection
1 – *Kuban State Agrarian University named after I.T.*
Trubilin, Krasnodar, Russia
kubsoil@mail.ru
2 – *Department of Cadastre and Geoengineering*
Kuban State Technological University,
Krasnodar, Russia
alexapin@mail.ru

В условиях Северной и Южно – предгорной зон Краснодарского края проведено испытание почвенного препарата Reasil® Soil conditioner с целью изучения его влияния на водно – физические свойства и структурное состояние чернозема обыкновенного и аллювиальной луговой почвы. Производственно-полевые опыты проводились в Северной зоне при выращивании кукурузы на орошении. Препарат вносился перед посевом разбрасывателем «Amazone» под предпосевную культивацию (на глубину 12 см) в дозе 400 кг/га. В Южно-предгорной зоне опыт проводился на культуре – рассадный томат. Препарат вносился перед высаживанием рассады в дозе 200 кг/га. Установлено, что применения мелиоранта не оказало существенного изменения величины плотности и общей пористости в пахотном и подпахотном слоях аллювиальной луговой почвы, которая составила соответственно 1,46–1,47 г/см³ и 44,3–44,5% при практическом отсутствии пор занятых воздухом (пористости аэрации). Однако, применение мелиоранта на этой почве способствовало увеличению содержания агрономически ценных агрегатов в пахотном и подпахотном горизонтах, соответственно, на 15,9 и 22 %, а суммы водопрочных агрегатов – на 8,4 и

In the conditions of the Northern and Southern foothill zones of the Krasnodar Territory, the soil preparation Reasil® Soil conditioner was tested to study its effect on the water – physical properties and structural state of the chernozem of ordinary and alluvial meadow soils. Field and field experiments were conducted in the Northern Zone when maize was cultivated in irrigation. The preparation was applied before sowing by the spreader "Amazone" under pre-sowing cultivation (to a depth of 12 cm) at a dose of 400 kg / ha. In the South foothill zone, the experiment was conducted on a crop – a seedling tomato. The preparation was applied before planting seedlings in a dose of 200 kg / ha. It was established that the application of meliorant did not significantly change the density and total porosity in the arable and subsoil layers of alluvial meadow soil, which was 1,46–1,47 g / cm³ and 44,3–44,5 %, respectively, with practically no pores occupied air (porosity of aeration). However, the use of ameliorant on this soil contributed to an increase in the content of agronomically valuable aggregates in the arable and subsoil horizons, respectively, by 15,9 and 22 %, and the sum of waterproof aggregates by 8,4 and 1,5 %. In the northern zone, when maize was grown, it was established that the application of meliorant did not

1,5 %. В Северной зоне при выращивании кукурузы установлено, что применение мелиоранта не оказало существенного изменения величины плотности почвы и общей пористости в пахотном и подпахотном слоях чернозёма обыкновенного, где она составила, соответственно 1,29–1,32 г/см³ и 51,6–51,5% при довольно высоких показателях пористости аэрации. Мелиоративный прием уменьшал содержание агрономически ценных агрегатов в пахотном слое чернозема на 15,4 % и увеличивал их количество в подпахотном горизонте (1,4 %). Количество водопрочных агрегатов возрастало на варианте с применением мелиоранта, соответственно, на 19,9 и 2,8 %

significantly change the soil density and total porosity in the arable and subsoil layers of the chernozem plain, where it amounted to 1,29–1,32 g/cm³ and 51,6–51,5 % at rather high aeration porosity. The meliorative method reduced the content of agronomically valuable aggregates in the arable layer of chernozem by 15,4 % and increased their quantity in the subsoil horizon (1,4 %). The number of waterproof aggregates increased on the variant with the use of ameliorant, respectively, by 19,9 and 2,8 %

Ключевые слова: ПОЧВЫ, МЕЛИОРАНТ, КУБАНЬ, ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА, СТРУКТУРА, ПЛОДОРОДИЕ

Keywords: SOILS, MELIORANT, KUBAN, PHYSICAL PROPERTIES, STRUCTURE, FERTILITY

Doi: 10.21515/1990-4665-140-030

Введение

В утвержденной Правительством РФ Концепции ФЦП «Национальная система химической и биологической безопасности РФ (2009–2013 годы)» качество почвы ряда регионов России характеризуется как критическое [4]. В развитие этой Концепции учёными должна быть оперативно предложена долгосрочная целевая программа по реабилитации деградированных и больных почв.

Почва разрушается под влиянием различных факторов. Одной из причин деградации почвенного покрова является утрата её структуры, которая может происходить по разным причинам: механическое разрушение, физико-химические явления и биологические процессы [11]. Механическое разрушение структуры происходит под влиянием обработки почвы, передвижения по её поверхности машин и орудий, людей, животных и под ударами капель дождя. Физико-химические причины утраты структуры связаны с реакциями обмена двухвалентных катионов (кальция и магния) в почвенном поглощающем комплексе на одновалентные (натрий и аммоний). Биологические причины разрушения

структуры связаны с процессами минерализации почвенного гумуса – главного клеящего вещества при образовании структуры [1].

Утрата почвенной структуры влечет за собой резкое ухудшение их водно-физических свойств.

Для эффективного применения различных средств мелиорации на почвах Краснодарского края необходима разработка и внедрение в сельскохозяйственную практику технологических приемов устранения и предотвращения прогрессирующей антропогенной деградации в агроландшафтах при экономном использовании ресурсов. В связи с этим, перед научно-исследовательскими учреждениями ставятся задачи изыскания новых путей решения проблемы разрушения почвенной структуры, в частности – путем применения искусственных структурообразователей почвы (ИСП). Под последними понимают синтетические продукты или химически измененные природные материалы, с помощью которых можно оптимально преобразовывать преимущественно физические, а частично и химические свойства почвы [6].

Целью опыта является изучение влияния применения мелиоранта Reasil[®] Soil Conditioner на чернозёме обыкновенном и аллювиальной луговой почве в зонах интенсивного земледелия Краснодарского края на их физические свойства и структурное состояние.

Объекты и методы исследований

Почвенный препарат Reasil[®] Soil – мелиорант почвы, повышающий химико-физические и биологические ее свойства. Источником биоактивированных гуминовых кислот для повышения плодородия почв, увеличения урожайности и повышения приживаемости посаженных растений является минерал леонгардит.

Леонгардит – частично дегидратированный ломонтит. Гейландит и ломонтит относятся к группе минералов – цеолитам и образуются при

реакционном изменении кремнистого туфа во время кальциевого метасоматоза [7].

Цеолиты являются каркасными алюмосиликатами, в структуре которых имеются полости, занятые большими катионами и молекулами воды, способными свободно удаляться и поглощаться структурами, благодаря чему происходит ионный обмен и обратимая дегидратация [10].

Лёгкость, с которой вода выходит из цеолитов при незначительном нагревании – одно из многих удивительных свойств, присущих таким соединениям. Некоторые явления, происходящие в структуре цеолитов при определённых физико-химических условиях, обуславливают их широкое промышленное применение, а многие другие ещё будут установлены при дальнейшем изучении. Состав ломонтита: $\text{Ca}_4 [\text{Al}_8 \text{Si}_{16}\text{O}_{48}] \times 16\text{H}_2\text{O}$. На воздухе при слабом нагревании теряет воду с образованием леонгардита: $\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}] \times 3,5\text{H}_2\text{O}$.

Процесс дегидратации протекает ступенчато, потеря воды достигает максимально 14 %. Легко поддаётся повторной гидратации. Проявляет избирательно свойства молекулярного сита.

Производственно-полевые опыты проводились в Северной и Южно - предгорной зонах Краснодарского края. В Северной зоне в Павловском районе, ст. Павловская, ООО «Техада» на черноземе обыкновенном, культура – кукуруза на поливе. Препарат вносился перед посевом разбрасывателем «Amazone» под предпосевную культивацию (на глубину 12 см) в дозе 400 кг/га. Площадь опытной делянки 0,5 га.

В Южно-предгорной зоне опыт проводился в Крымском районе, х. Красный, ООО «Агро-Союз» на аллювиальной луговой почве. Культура – рассадный томат. Препарат вносился РУМом перед посевом под предпосевную культивацию (глубина заделки семян 12 см) в дозе 200 кг/га. Площадь опытной делянки составляет 0,5 га.

Элементы методики опыта: повторность в опыте (n) = 3; число вариантов (l) = 2; общее число делянок (N) = $n \times l = 6$; площадь делянки общая 50 – 1000 м² (в зависимости от опытной культуры и применяемой сельскохозяйственной техники).

Площадь учётная (в зависимости от способа уборки и учёта урожая опытной культуры, а также ширины боковых и концевых защитных полос). Форма делянки – прямоугольная или удлинённая (в зависимости от опытной культуры и применяемой сельскохозяйственной техники).

Размещение вариантов по делянкам опыта – систематическое.

Статистическая обработка экспериментальных данных по методике в изложении Доспехова (дисперсионный анализ) [5].

Отбор почвенных проб осуществлялся в два этапа: 1-й – в начале вегетации опытной культуры (может быть привязан к определённой фазе развития культуры); 2-й – в конце вегетации опытной культуры (до или после её уборки).

Почвенные смешанные образцы из пяти индивидуальных проб отбираются с пахотного слоя (0–20 см) методом «конверта» с двух несмежных повторений опыта (1-го и 3-го) для определения водно-физических, физико-химических и агрохимических свойств почвы, а также агрегатного и состава. Масса образца 800–1000 г).

Для определения плотности почвы индивидуальные пробы отбирались режущим кольцом с глубины 5–10 см и 30–35 см в 3-х кратной повторности по диагонали делянки.

В почвенных пробах выполняются следующие анализы [8]:

1. Агрегатный состав – «сухое» фракционирование по Саввинову ;
2. Количество водопрочных агрегатов – «мокрое» фракционирование по Саввинову;
3. Плотность почвы методом режущего кольца объёмом 50 см³;
4. Плотность твёрдой фазы почвы – пикнометрическим методом;

5. Общая пористость и пористость аэрации – расчётным методом;

6. Полевая влажность – гравиметрическим (термостатно-весовым) методом.

Все анализы выполнялись в 2-х кратной повторности.

Результаты и обсуждение

Краснодарский край расположен на юго-западе Российской Федерации и занимает северо-западную часть региона Северный Кавказ. Почвы гослесфонда, госземзапаса (города, поселки т.д.) и водные территории края составляют 1,7 млн. га (23,1 %). Наибольшее распространение в крае получили черноземы обыкновенные (площадь 2 млн. 966 тыс. га). Площадь под аллювиальными луговыми почвами составляет на Кубани 242 000 га [3].

Черноземы обыкновенные охватывают всю северную и восточную часть Азово-Кубанской низменности и восточную часть Закубанской наклонной равнины. Границей этих почв является ориентировочно линия Приморско-Ахтарск – Старовеличковская – Архангельская – Кропоткин – Армавир, южнее которой распространены типичные черноземы. От соляной кислоты они вскипают в горизонте А, нередко с поверхности. Уже в нижней части этого горизонта при высушивании появляется карбонатный псевдомицелий. Мощность горизонта А около 50–60см. У мощных видов сумма горизонтов А+АВ около 100–120 см, у сверхмощных – около 150см.

После многолетней эксплуатации этих почв содержание агрономически ценных агрегатов в верхнем горизонте уменьшилось в 2 раза, резко снизилась их водопрочность; после выпадения осадков возникает «заплывание почвы», в сухое время года на поверхности образуется «корка»; развивается «плужная подошва»; наблюдается возрастание плотности почв и уменьшение ее проницаемости.

Гранулометрический состав этих почв глинистый или тяжелосуглинистый по всему профилю. Предельная полевая влагоемкость 2-метровой толщи почвы 640 мм, из которых растениям доступно 55 % влаги. Содержание гумуса редко когда превышает 4 %. Тип гумуса фульватно-гуматный с преобладанием гуминовых кислот [9] .

Аллювиальные луговые карбонатные почвы характеризуются карбонатностью всего профиля и наличием признаков оглеения в средней и нижней частях профиля. Почвенный профиль аллювиальных луговых карбонатных почв слабо дифференцирован и неоднороден по гранулометрическому составу. В нем различают гумусовый горизонт серого или светло-серого цвета, в той или иной степени задернованный, и слабо затронутую почвообразованием, а так же ниже лежащие горизонты с различной степенью оглеения. Развиваются почвы на основной поверхности пойм, обычно под крупнотравной злаковой или разнотравной, а нередко и древесно-кустарниковой растительностью.

В рассматриваемом типе выделяют три подтипа: аллювиальные луговые карбонатные слоистые, аллювиальные луговые карбонатные тугайные, собственно аллювиальные луговые карбонатные.

В опыте объектом исследования были собственно аллювиальные луговые карбонатные почвы, которые отличаются относительной однородностью сложения (слоистость неотчетливая). В профиле их обычно выделяют зернистый гумусовый горизонт (под кустарниково-лесной растительностью он перекрыт подстилкой) и залегающий под ним комковато-ореховатый переходный горизонт, который в нижней части оглеен. Формируются, как правило, в центральной пойме. Местами солонцеваты и засолены.

Подтипы делятся на следующие роды: обычные, засоленные, слитые, галечниковые. В опыте использовался род – обычный.

В почвах механические элементы (гранулы) могут находиться как в раздельно-частичном состоянии, так и соединяться под действием разнообразных сил в комки разной формы и размера, которые называются почвенными агрегатами. В раздельно-частичном состоянии гранулы обычно находятся в песчаных и супесчаных почвах, а формирование агрегатов происходит при более тяжелом гранулометрическом составе. Особенно отчетливо это выражено в тяжелосуглинистых и глинистых почвах, что связано с наличием в них значительного количества коллоидных частиц. Однако, в связи с влиянием природных и антропогенных факторов суглинистые и глинистые почвы, могут быть не только структурными, но и бесструктурными или малоструктурными, хотя в большинстве типов почв механические элементы в той или иной степени все же объединены в агрегаты.

При оценке почвенной структуры необходимо учитывать, что это не только один из основных морфолого-генетических признаков почвы, но и важнейший показатель ее агрофизического состояния.

К агрономически ценным относятся лишь агрегаты размером от 0,25 до 10 мм. Если при механическом воздействии почва распадается на агрегаты преимущественно укладываемые в этот интервал, то она считается структурной. В случае, когда почва не распадается на структурные отдельные, а имеет сыпучее состояние, как песок или пыль, то она относится к бесструктурной раздельно-частичной; если представлена большими бесформенными массами, то почва будет бесструктурной глыбистой или массивной.

Кроме размера, агрономическая ценность структуры определяется связностью (механической прочностью), водопрочностью и пористостью агрегатов. Водопрочность – способность агрегатов длительное время противостоять размывающему действию воды. Зависит она от качества материала, склеивающего механические элементы.

Агрономическое значение структуры многопланово. От структурного состояния зависят водный, воздушный и тепловой режимы почвы, с которыми в свою очередь связаны окислительно-восстановительный, пищевой и микробиологический режимы. Структура оказывает влияние на физические и физико-механические свойства почвы – плотность сложения, пористость, коркообразование, связность и удельное сопротивление при обработке [2].

Результаты изучения влияния мелиоранта на структурное состояние аллювиальной луговой карбонатной почвы показали, что сразу после внесения Reasil® Soil Conditione (первый отбор почвенных проб) количество агрономически ценных агрегатов на контрольном и опытном вариантах составило, соответственно 11,8–11,9 % и 16,9–16,0 %. Через 4 месяца после внесения мелиоранта это соотношение изменилось и составило, соответственно 13,8–12,7 % и 29,7–34,9 % (таблица 1).

Количество малоценных, с точки зрения агрономии, агрегатов на варианте с внесением мелиоранта, существенно уменьшилось и составило на опытном варианте 65,1 % (слой 20–40см) и 70,3 % (слой 0–20см).

Коэффициент структурности (K_c) после внесения мелиоранта увеличивался с 0,13–0,16 на контроле до 0,42–0,54 на опытном варианте.

Установлена тенденция к увеличению количества водопрочных агрегатов на варианте с применением мелиоранта в слое 0–20 см: с 57,6–58,0 % (контроль) до 66,4 %. Однако, в слое 20–40 см количество водопрочных агрегатов практически не изменялось и колебалось в пределах 75,5–75,6 %.

В целом, аллювиальные луговые карбонатные почвы характеризуются мизерным количеством агрономически ценных почвенных агрегатов на контрольном варианте (< 20 %), что позволяет их отнести к группе почв с плохим структурным состоянием. Применение мелиоранта способствует увеличению агрономически ценных агрегатов до

29,7 % (слой 0–20см) – до 34,9 % (слой 20–40 см). Однако такое увеличение переводит эти почвы в категорию почв с неудовлетворительным состоянием агрегатного состава (20–40 %).

Анализ результатов мокрого просеивания свидетельствует о более существенной эффективности применения мелиоранта на почвах с плохим структурным состоянием. По содержанию в пахотном слое водопрочных агрегатов (57,6–58,0 %) аллювиальные луговые почвы относятся к группе почв с удовлетворительным структурным состоянием. Применение мелиоранта способствует увеличению водопрочных агрегатов в слое 0–20 см до 66,4 %, что даёт возможность перевести их в категорию почв с хорошим структурным состоянием.

Таблица 1 – Действие Reasil® Soil Conditioner на структурный состав аллювиальной луговой карбонатной почвы

Вариант опыта	Слой, см	Сумма ценных агрегатов Σ (0,25мм – 10 мм), %	Сумма малоценных агрегатов Σ (<0,25мм)+ (>10мм), %	Коэффициент структурности (Кс)	Сумма водопрочных агрегатов, %
Первый отбор					
Контроль	0–20	11,9	88,1	0,14	57,6
	20–40	11,8	88,2	0,13	75,5
Reasil® Soil Conditioner	0–20	16,9	83,1	0,20	62,1
	20–40	16,0	84,0	0,19	70,4
Второй отбор					
Контроль	0–20	13,8	86,2	0,16	58,0
	20–40	12,7	87,3	0,14	74,3
Reasil® Soil Conditioner	0–20	29,7	70,3	0,42	66,4
	20–40	34,9	65,1	0,54	75,6

Результаты изучения влияния мелиоранта на структурное состояние чернозёма обыкновенного показали, что сразу после внесения Reasil® Soil Conditioner (первый отбор почвенных проб) количество агрономически ценных агрегатов на контрольном и опытном вариантах в слое 0–20 см составило, соответственно 88,9 % и 84,9 %, а в подпахотном слое (20–40 см) – 59,0 % и 61,0 %. Через 4 месяца после внесения мелиоранта это

соотношение изменилось и составило, соответственно 88,1–72,4 % и 60,8–62,2 % (таблица 2).

Количество малоценных, с точки зрения агрономии, агрегатов на варианте с внесением мелиоранта, несколько уменьшилось и составило на опытном варианте 27,7 % (слой 0–20 см) и 37,8 % (слой 20–40 см).

Коэффициент структурности (Кс) с применением мелиоранта уменьшался с 1,44–8,0 на контроле до 1,56–5,62 на опытном варианте.

Установлена тенденция к увеличению количества водопрочных агрегатов на варианте с применением мелиоранта в слое 0–20 см: с 46,2–47,0 % (контроль) до 51,2–66,9 %. В слое 20–40 см количество водопрочных агрегатов практически не изменялось и колебалось в пределах 59,4–60,4 %.

Таблица 2 – Действие Reasil® Soil Conditioner на структурный состав чернозёма обыкновенного

Вариант опыта	Слой, см	Сумма ценных агрегатов Σ (0,25мм – 10 мм), %	Сумма малоценных агрегатов Σ (<0,25мм)+ (>10мм), %	Коэффициент структурности (Кс)	Сумма водопрочных агрегатов, %
Первый отбор					
Контроль	0–20	88,9	11,1	8,00	46,2
	20–40	59,0	41,0	1,44	60,4
Reasil® Soil Conditioner	0–20	84,9	15,1	5,62	51,2
	20–40	61,0	39,0	1,56	59,4
Второй отбор					
Контроль	0–20	88,1	11,9	7,40	47,0
	20–40	60,8	39,2	1,55	57,0
Reasil® Soil Conditioner	0–20	72,7	27,3	2,65	66,9
	20–40	62,2	37,8	1,64	59,8

В целом, чернозёмы обыкновенные характеризуются хорошим и отличным структурным состоянием пахотного слоя, а также хорошим и удовлетворительным состоянием подпахотного слоя.

Применение мелиоранта практически не способствует увеличению агрономически ценных агрегатов как в слое 0–20 см, так и в слое 20–40 см.

Анализ результатов мокрого просеивания свидетельствует о более существенной эффективности применения мелиоранта на этих почвах. Содержание в пахотном слое водопрочных агрегатов на контроле составило 46,2–47,0 %, а на опытном варианте, соответственно, 51,2–66,9 %. В слое 20–40 см количество водопрочных агрегатов практически не изменялось и составило 60,4–59,8 %.

В тесной взаимосвязи со структурным состоянием почвы находятся ее водно – физические свойства: плотность, плотность твёрдой фазы и пористость. Плотность сложения почвы имеет важное агрономическое значение, поскольку оказывает большое влияние на условия жизни растений и почвенных организмов.

В среднем значительная часть поля подвергается 2–4-кратному воздействию ходовых систем сельскохозяйственных машин, а отдельные участки 8–16-кратному. Глубина деформации почвы при этом варьирует от 20–30 до 50–60 см и более. Наиболее рыхлой почва бывает сразу после обработки (вспашка, культивация), а затем постепенно начинает уплотняться. Через некоторое время она достигает определенной плотности, мало изменяющейся во времени до следующей обработки. Такую постоянную плотность называют равновесной.

Оптимальные показатели плотности основных типов почв для большинства сельскохозяйственных культур находятся в следующих интервалах: 1,1–1,3 г/см³ для глинистых, средне- и тяжелосуглинистых по гранулометрическому составу почв; 1,2–1,4 г/см³ для легкосуглинистых; 1,3–1,5 г/см³ для супесчаных и песчаных почв.

Результаты изучения влияния мелиоранта Reasil[®] Soil Conditioner на плотность аллювиально-луговой почвы показали, что в период закладки производственного опыта средняя статистическая величина её на контрольном варианте составляла 1,48 г/см³ в слое 0–20 см (пахотный), а в подпахотном (20–40 см) – 1,50 г/см³ (таблица 3). На опытном варианте,

где вносили в почву мелиорант, эти показатели составили соответственно 1,51 и 1,52 г/см³. Увеличение плотности почвы на опытном варианте было несущественным и составило для пахотного и подпахотного слоёв 0,67–2,02 % относительно контроля.

Через три месяца во время повторного отбора почвенных проб средняя статистическая величина плотности на контрольном варианте составляла 1,45 г/см³ в слое 0–20 см (пахотный), а в подпахотном (20–40 см) – 1,49 г/см³. На опытном варианте, где вносили в почву мелиорант, эти показатели составили соответственно 1,46 и 1,47 г/см³. Увеличение плотности почвы на опытном варианте было несущественным и составило для пахотного слоя 0,69 %, при этом в подпахотном слое отмечено незначительное уменьшение этого показателя (на 1,34 % относительно контроля).

Таблица 3 – Действие Reasil[®] Soil Conditioner на водно-физические свойства аллювиально-луговой карбонатной почвы

Вариант опыта	Слой, см	d _v ,* г/см ³				d,** г/см ³	Влажность полевая, %	Пористость, %	
		повторность			среднее значение			общая	аэрации
		1	2	3					
Первый отбор почвенных проб: 07.06.2017 г.									
Контроль	0–20	1,50	1,46	1,48	1,48	2,63	28,2	43,7	2,00
	20–40	1,52	1,50	1,49	1,50	2,64	28,7	43,2	0,20
Reasil [®] Soil Conditioner	0–20	1,53	1,50	1,51	1,51	2,63	28,0	42,6	0,30
	20–40	1,53	1,51	1,52	1,52	2,65	28,0	42,6	0,00
Для слоя 0–20см	НСР ₀₅				0,034	-	-	-	-
	Относительная ошибка средней				0,16	-	-	-	-
Для слоя 20–40см	НСР ₀₅				0,029	-	-	-	-
	Относительная ошибка средней				0,31	-	-	-	-
Второй отбор почвенных проб: 07.10.2017 г.									
Контроль	0–20	1,38	1,46	1,50	1,45	2,63	24,9	44,9	8,80
	20–40	1,38	1,50	1,49	1,49	2,64	28,5	43,6	1,14
Reasil [®] Soil Conditioner	0–20	1,42	1,47	1,50	1,46	2,63	26,4	44,5	6,00
	20–40	1,44	1,47	1,49	1,47	2,64	30,0	44,3	0,20
Для слоя 0–20см	НСР ₀₅				0,052	-	-	-	-
	Относительная ошибка средней				0,58	-	-	-	-
Для слоя 20–40см	НСР ₀₅				0,113	-	-	-	-
	Относительная ошибка средней				1,30	-	-	-	-

* плотность почвы

** плотность твёрдой фазы почвы

Кроме плотности почвы, к общим физическим свойствам почв относятся также плотность твердой фазы и пористость.

Плотность твердой фазы почвы – масса сухого вещества в единице объема твердой фазы почвы (d). Измеряется в г/см^3 . Величина плотности твердой фазы зависит от природы и соотношения входящих в состав почвы минералов и органических веществ.

Результаты изучения влияния мелиоранта Reasil[®] Soil Conditioner на физические свойства подтвердили постоянство этого показателя во времени: в пахотном и подпахотном слоях аллювиально-луговой почвы в начале закладки опыта и в конце его проведения величина его составляла, соответственно 2,63 и 2,64 г/см^3 .

Между соприкасающимися элементарными почвенными частицами и агрегатами имеются пустоты, которые называются порами. По почвенным порам перемещается вода с растворенными в ней веществами, в них содержится воздух. В почвенных порах размещаются микроорганизмы, простейшие и другая почвенная биота, по ним проникают корни и корневые волоски растений.

Общая пористость почвы – суммарный объем всех пор в единице объема почвы, выражается в %. Это одно из важнейших свойств почвы, обуславливающей её водный и воздушный режимы. С пористостью связана влагоемкость и воздухоемкость почв, водопроницаемость и водоподъемная способность.

Величина пористости зависит от гранулометрического состава и характера структуры, содержания гумуса и биогенности почвы, а в агроценозах – от обработки и приемов окультуривания. Основные функции, выполняемые порами в почвах, связаны с процессами газообмена, передвижением и удержанием влаги. Исходя из этого, по функциональному назначению выделяют поры аэрации и поры обводнения.

Изучение действия мелиоранта Reasil® Soil Conditioner на величину общей пористости показало, что в пахотном слое за период исследования она колебалась в пределах 43,7–44,9 %, а в подпахотном 43,2–43,6 %. Применение мелиоранта не оказало существенного влияния на данную величину, которая варьировала в верхнем и нижнем слоях, соответственно, в пределах 42,6–44,5 % и 42,6–44,3 %.

Следовательно, аллювиальная-луговая почва опытного поля характеризуется неблагоприятными физическими свойствами для роста и развития большинства сельскохозяйственных культур. Она отличается уплотнённым сложением пахотного и подпахотного слоёв (1,45 г/см³ и 1,50 г/см³) и низкой общей пористостью (43,2–44,9 %).

Изучение этих свойств через три месяца после применения мелиоранта Reasil® Soil Conditioner не показало существенного их изменения: величина плотности почвы и общей пористости в пахотном и подпахотном слоях составила соответственно 1,46–1,47 г/см³ и 44,3–44,5 % при практическом отсутствии пор занятых воздухом (пористости аэрации).

Плотность твёрдой фазы в опыте не менялась и составила в пахотном и подпахотном слоях 2,63 и 2,64 г/см³.

Результаты изучения влияния мелиоранта Reasil® Soil Conditioner на плотность чернозёма обыкновенного показали, что в период закладки производственного опыта средняя статистическая величина её на контрольном варианте составляла 1,20 г/см³ в слое 0–20 см (пахотный), а в подпахотном (20–40 см) – 1,25 г/см³ (таблица 4).

На опытном варианте, где вносили в почву мелиорант, эти показатели составили соответственно 1,23 и 1,28 г/см³. Увеличение плотности почвы на опытном варианте было несущественным и составило для пахотного и подпахотного слоёв 2,5–2,4 % относительно контроля.

Через три месяца во время повторного отбора почвенных проб средняя статистическая величина плотности на контрольном варианте

составляла 1,26 г/см³ в слое 0–20 см (пахотный), а в подпахотном (20–40 см) – 1,29 г/см³. На опытном варианте, где вносили в почву мелиорант, эти показатели составили соответственно 1,29 и 1,32 г/см³. Увеличение плотности почвы на опытном варианте было несущественным и составило для пахотного слоя 2,4 %, а для подпахотного 2,3 % относительно контроля.

Таблица 4 – Действие Reasil[®] Soil Conditioner на водно-физические свойства чернозёма обыкновенного (Павловский район)

Вариант опыта	Слой, см	d _v , г/см ³				d, г/см ³	Влажность полевая, %	Пористость, %	
		повторность			среднее значение			общая	аэрации
		1	2	3					
Первый отбор почвенных проб: 08.06.2017 г.									
Контроль	0–20	1,11	1,23	1,25	1,20	2,66	30,2	54,9	18,7
	20-40	1,21	1,19	1,36	1,25	2,67	28,0	53,2	18,2
Reasil [®] Soil Conditioner	0–20	1,19	1,24	1,25	1,23	2,66	29,7	53,8	17,3
	20-40	1,24	1,35	1,26	1,28	2,67	28,4	52,1	15,7
Для слоя 0–20см	НСР ₀₅				0,108	–	–	–	–
	Относительная ошибка средней				1,47	–	–	–	–
Для слоя 20–40см	НСР ₀₅				0,323	–	–	–	–
	Относительная ошибка средней				4,18	–	–	–	–
Второй отбор почвенных проб: 08.10.2017 г.									
Контроль	0–20	1,25	1,26	1,28	1,26	2,66	25,1	52,6	21,0
	20-40	1,30	1,28	1,29	1,29	2,67	25,7	51,7	18,5
Reasil [®] Soil Conditioner	0–20	1,30	1,25	1,31	1,29	2,66	26,3	51,5	17,6
	20-40	1,34	1,30	1,33	1,32	2,67	26,9	50,6	15,1
Для слоя 0–20см	НСР ₀₅				0,076	–	–	–	–
	Относительная ошибка средней				0,98	–	–	–	–
Для слоя 20–40см	НСР ₀₅				0,029	–	–	–	–
	Относительная ошибка средней				0,36	–	–	–	–

Кроме плотности почвы, к общим физическим свойствам почв относятся также плотность твердой фазы и пористость.

Результаты изучения влияния мелиоранта Reasil[®] Soil Conditioner на плотность твердой фазы почвы подтвердили постоянство этого показателя во времени: в пахотном и подпахотном слоях чернозёма обыкновенного в начале закладки опыта и в конце его проведения величина его составляла, соответственно 2,66 и 2,67 г/см³.

Изучение действия мелиоранта Reasil® Soil Conditioner на величину общей пористости показало, что в пахотном слое за период исследования она колебалась в пределах 51,5–54,9 %, а в подпахотном – 50,6–53,2 %. Применение мелиоранта не оказало существенного влияния на данную величину, которая варьировала в верхнем и нижнем слоях, соответственно, в пределах 51,5–53,8 % и 50,6–52,1 %.

Следовательно, чернозём обыкновенный опытного поля характеризуется благоприятными физическими свойствами для роста и развития большинства сельскохозяйственных культур. Он отличается рыхлым сложением пахотного и подпахотного слоёв ($1,20\text{--}1,26\text{ г/см}^3$ и $1,25\text{--}1,29\text{ г/см}^3$), а также высокой общей пористостью (52,6–54,9 % и 51,7–53,2 %).

Изучение этих свойств через три месяца после применения мелиоранта Reasil® Soil Conditioner не показало существенного их изменения: величина плотности почвы и общей пористости в пахотном и подпахотном слоях составила соответственно $1,29\text{--}1,32\text{ г/см}^3$ и 51,6–51,5 % при довольно высоких показателях пористости аэрации.

Плотность твёрдой фазы в опыте не менялась и составила в пахотном и подпахотном слоях 2,66 и 2,67 г/см^3 .

Выводы

1. Аллювиальная-луговая карбонатная почва характеризуется неблагоприятными физическими свойствами: уплотнённым сложением пахотного и подпахотного слоёв ($1,45\text{ г/см}^3$ и $1,50\text{ г/см}^3$) и низкой общей пористостью (43,2–44,9 %). Применения мелиоранта Reasil® Soil Conditioner не оказало существенного их изменения: величина плотности почвы и общей пористости в пахотном и подпахотном слоях составила соответственно $1,46\text{--}1,47\text{ г/см}^3$ и 44,3–44,5 % при практическом отсутствии пор занятых воздухом (пористости аэрации). Плотность твёрдой фазы в

опыте не изменялась и составила в пахотном и подпахотном слоях 2,63 и 2,64 г/см³.

2. Применение мелиоранта на аллювиальных луговых карбонатных почвах способствовало увеличению содержания агрономически ценных агрегатов в пахотном и подпахотном горизонтах, соответственно, на 15,9 и 22 %, а суммы водопрочных агрегатов – 8,4 и 1,5 %.

3. Чернозём обыкновенный характеризуется благоприятными физическими свойствами: рыхлым сложением пахотного и подпахотного слоёв (1,20–1,26 г/см³ и 1,25–1,29 г/см³), а также высокой общей пористостью (52,6–54,9 % и 51,7–53,2 %). Применения мелиоранта Reasil[®] Soil Conditioner не оказало существенного их изменения: величина плотности почвы и общей пористости в пахотном и подпахотном слоях составила соответственно 1,29–1,32 г/см³ и 51,6–51,5 % при довольно высоких показателях пористости аэрации. Плотность твёрдой фазы в опыте не изменялась и составила в пахотном и подпахотном слоях 2,66 и 2,67 г/см³.

4. Применение мелиоранта на чернозёмах обыкновенных способствовало уменьшению содержания агрономически ценных агрегатов в пахотном слое на 15,4 % и незначительному увеличению их в подпахотном горизонте (1,4 %). Количество водопрочных агрегатов возрастало на варианте с применением мелиоранта, соответственно, на 19,9 % и 2,8 %.

Литература

1. Агрэкологический мониторинг в земледелии Краснодарского края (выпуск второй) / Под общ. редакцией И. Т. Трубилина // Краснодар, 2002. – 284с.

2. Арефьев А. Н. Теоретическое обоснование и разработка приемов повышения плодородия почвы и продуктивности сельскохозяйственных культур в лесостепи Поволжья: автореф. дис. ...докт. с.-х. наук / А.Н. Арефьев / Пензенский госагроуниверситет – Пенза, 2017. – 42с.

3. Вальков В. Ф., Штомпель Ю. А., Трубилин И. Т., Котляров Н. С., Соляник Г. М. Почвы Краснодарского края, их использование и охрана / В. Ф. Вальков, Ю. А. Штомпель, И. Т. Трубилин, Н. С. Котляров, Г. М. Соляник Г / Ростов-на-Дону: Изд-во СКНЦ ВШ, 1996. – 192с.

4. Добровольский Г. В. Почвы в биосфере и жизни человека: монография // Г. В. Добровольский, Г. С. Куст, И. Ю. Чернов и др. – М.: ФГБОУ ВПО МГУЛ, 2012. – 584 с.
5. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). –5-е изд., доп. и перераб. – Москва: Агропромиздат, 1985.– 351с.
6. Кульман А. Искусственные структурообразователи почвы / Пер. с нем. и предисловие Н. Г. Ракипова.– М.: Колос, 1982, 158 стр.
7. Минералогическая энциклопедия / Под ред. К. Фрея: Пер. с англ. – Л.: Недра, 1985. – 512 с., ил. – Пер. изд.: США, 1981.
8. Практикум по почвоведению (почвы Северного Кавказа) : учебное пособие для вузов / отв. за вып. Ю. А. Штомпель, В. С. Цховребов. – Краснодар: «Советская Кубань», 2003. – 328 с.
9. Терпелец В. И. Изменение свойств и гумусного состояния чернозема выщелоченного в агроценозах Азово-Кубанской низменности // В. И. Терпелец, В. Н. Слюсарев, А. В. Бузоверов, А. В. Осипов, Т. В. Швец, Е. Е. Баракина, Ю. С. Плитинь / Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2015. № 53. С. 157–162.
10. Smit J.V. Structural classification of zeolites. – Mineral. Soc. Am. Spec. Paper, 1, p. 281–290.
11. Цховребов В. С. Эволюция и деградация чернозёмов Центрального Предкавказья // В. С. Цховребов, В. И. Фаизова, Д. В. Калугин, А. М. Никифорова, А. А. Новиков / Вестник АПК Ставрополя. 2012. № 3 (7). С. 123–125.

References

1. Agrojekologicheskij monitoring v zemledelii Krasnodarskogo kraja (vypusk vtoroj) / Pod obshh. redakciej I. T. Trubilina // Krasnodar, 2002. – 284s.
2. Aref'ev A. N. Teoreticheskoe obosnovanie i razrabotka priemov povyshenija plodorodija pochvy i produktivnosti sel'skohozjajstvennyh kul'tur v lesostepi Povolzh'ja: avtoref. dis. ...dokt. s.-h. nauk / A.N. Aref'ev / Penzenskij gosagrouniversitet – Penza, 2017. – 42s.
3. Val'kov V. F., Shtompel' Ju. A., Trubilin I. T., Kotljarov N. S., Soljanik G. M. Pochvy Krasnodarskogo kraja, ih ispol'zovanie i ohrana / V. F. Val'kov, Ju. A. Shtompel', I. T. Trubilin, N. S. Kotljarov, G. M. Soljanik G / Rostov-na-Donu: Izd-vo SKNC VSh, 1996. – 192s.
4. Dobrovol'skij G. V. Pochvy v biosfere i zhizni cheloveka: monografija // G. V. Dobrovol'skij, G. S. Kust, I. Ju. Chernov i dr. – М.: FGBOU VPO MGUL, 2012. – 584 s.
5. Dospheov B. A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoj obrabotki rezul'tatov issledovanij). –5-е изд., доп. и перераб. – Москва: Агропромиздат, 1985.– 351s.
6. Kul'man A. Iskusstvennye strukturoobrazovateli pochvy / Per. s nem. i predislovie N. G. Rakipova.– М.: Kolos, 1982, 158 str.
7. Mineralogicheskaja jenciklopedija / Pod red. K. Freja: Per. s angl. – L.: Nedra, 1985. – 512 с., ил. – Пер. изд.: SShA, 1981.
8. Praktikum po pochvovedeniju (pochvy Severnogo Kavkaza) : uchebnoe posobie dlja vuzov / отв. за вып. Ju. A. Shtompel', V. S. Chovrebov. – Krasnodar: «Sovetskaja Kuban'», 2003. – 328 s.
9. Terpelec V. I. Izmenenie svojstv i gumusnogo sostojanija chernozema vyshhelochennogo v agrocenozah Azovo-Kubanskoj nizmennosti // V. I. Terpelec, V. N. Sljusarev, A. V. Buzoverov, A. V. Osipov, T. V. Shvec, E. E. Barakina, Ju. S. Plitin' / Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2015. # 53. S. 157–162.
10. Smit J.V. Structural classification of zeolites. – Mineral. Soc. Am. Spec. Paper, 1, p. 281–290.

11. Chovrebov V. S. Jevoljucija i degradacija chernozjomov Central'nogo Predkavkaz'ja // V. S. Chovrebov, V. I. Faizova, D. V. Kalugin, A. M. Nikiforova, A. A. Novikov / Vestnik APK Stavropol'ja. 2012. # 3 (7). S. 123–125.