

В. А. Лыхман

Федеральный Ростовский аграрный научный центр, Рассвет, Российская Федерация

О. С. Безуглова

Федеральный Ростовский аграрный научный центр, Рассвет, Российская Федерация;
Академия биологии и биотехнологии имени Д. И. Ивановского Южного федерального университета, Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Е. А. Полиенко, М. Н. Дубинина, О. И. Наими, Е. С. Патрикеев

Федеральный Ростовский аграрный научный центр, Рассвет, Российская Федерация

ВЛИЯНИЕ ГУМИНОВЫХ ПРЕПАРАТОВ НА СОДЕРЖАНИЕ УГЛЕВОДОВ В СТРУКТУРНЫХ АГРЕГАТАХ И ИХ ВОДОПРОЧНОСТЬ

Цель: изучение влияния совместного применения гуминовых препаратов и пестицидов в различных дозировках на количественный состав углеводов в агрономически ценных почвенных агрегатах. Биологически активные гуминовые вещества опосредованно, через растительные и микробиологические сообщества, интенсифицируют выделение сахаров, которые играют существенную роль на начальных этапах формирования почвенных агрегатов. Пестициды оказывают угнетающее влияние на развитие почвенной микрофлоры, которая, в свою очередь, является одним из факторов формирования агрономически ценной почвенной структуры, в т. ч. и за счет образования углеводных соединений в ризосфере. Внесение гуминовых препаратов призвано снизить токсическое действие пестицидов и уменьшить сезонное ухудшение структурного состояния почвы.

Материалы и методы. Исследована структура чернозема обыкновенного карбонатного методами сухого и мокрого просеивания, а также содержание почвенных углеводов в отдельных агрономически ценных его фракциях фенолсерноокислым методом Дюбуа.

Результаты. Показано, что распределение агрегатов по вариантам как в случае с сухим просеиванием, так и в случае с мокрым просеиванием коррелирует с динамикой содержания углеводов в почвенных частицах, особенно заметна данная тенденция в вариантах 7–9, в которых вносился в почву гуминовый препарат совместно с пестицидами. Корреляционная связь между распределением почвенных агрегатов и углеводов заметная (по шкале Чеддока коэффициент корреляции равен 0,532). **Выводы.** Внесение гуминовых препаратов позволяет снизить потери агрономически ценной структуры даже в последствии. С прекращением внесения активных веществ величина коэффициента структурности стремится к своему естественному значению.

Ключевые слова: гуминовый препарат; агрономически ценные агрегаты; углеводы; водопрочная структура; коэффициент водопрочности; коэффициент структурности.

V. A. Lykhman

Federal Rostov Agricultural Research Centre, Rassvet, Russian Federation

O. S. Bezuglova

Federal Rostov Agricultural Research Centre, Rassvet, Russian Federation;
Academy of Biology and Biotechnology of the Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Ye. A. Poliienko, M. N. Dubinina, O. I. Naimi, Ye. S. Patrikeyev

Federal Rostov Agricultural Research Centre, Rassvet, Russian Federation



INFLUENCE OF HUMIC AGENTS ON THE CONTENT OF CARBOHYDRATES IN STRUCTURAL AGGREGATES AND THEIR WATER RESISTANCE

Objective: the study of the impact of the combined use of humic agents and pesticides in various dosages on the quantitative composition of carbohydrates in agronomically valuable soil aggregates. Biologically active humic substances indirectly, through plant and microbiological communities, intensify the release of sugars, which play a significant role in the initial stages of the formation of soil aggregates. Pesticides have a depressing effect on the development of soil microflora, which, in turn, is one of the factors in the formation of an agronomically valuable soil structure, also due to the formation of carbohydrate compounds in the rhizosphere. The introduction of humic preparations is to reduce the toxic effect of pesticides and the seasonal deterioration of the soil structural state. **Materials and Methods.** The structure of ordinary carbonate chernozem was studied by dry and wet sieving methods, and the content of soil carbohydrates in its single agronomically valuable fractions was studied by the Dubois phenol sulfate method. **Results.** It was shown that the distribution of aggregates by options both in the case of dry sieving and wet sieving correlates with the dynamics of carbohydrate content in soil particles, this trend is especially noticeable in variants 7–9, in which a humic agent was introduced into the soil together with pesticides. The correlation between the distribution of soil aggregates and carbohydrates is noticeable (on the Cheddock scale the correlation coefficient is equal to 0.532). **Conclusions.** The introduction of humic agents allows reduce the loss of agronomically valuable structure even in the subsequent stage. With the cease of the introduction of active substances, the structural coefficient tends to its natural value.

Key words: humic agent; agronomically valuable aggregates; carbohydrates; water-resistant structure; water resistance coefficient; structural coefficient.

Введение. Важнейшая функция углеводов в почве – их участие в формировании почвенной структуры [1, 2]. Многочисленными исследованиями было установлено, что внесение полисахаридов различной природы позитивно влияет на образование почвенной структуры [3–6], неоднократно была доказана прямая корреляция между содержанием углеводов и степенью агрегации почвенных частиц [2, 7], при этом удаление из почвы органических веществ химическим путем негативно влияет на качество агрегатного состояния почвы [8].

В научной литературе широко освещена клеящая способность микробных слизей, которая в свою очередь обусловлена наличием полисахаридов, аминсахаридов и уроновых кислот [6, 9]. Стоит отметить, что агрегирующая способность бактериальных выделений более выражена, чем корневых выделений растений [10, 11]. Однако бобовые растения в данном случае являются исключением, так как в их корнях содержится пектино-

вых веществ больше, чем в злаковых, в связи с чем бобовые культуры высокоэффективны для повышения агрофизических качеств почвы [12–14]. В водопрочных агрегатах почв с низким содержанием общего углерода (до 1 %) обнаружены преимущественно полисахариды [15].

Согласно исследованиям Дж. Мартина [16], клеящие свойства полисахаридов обусловлены рядом условий: линейной структурой молекул; такой пространственной ориентацией молекул, при которой создаются условия для проявления сил Ван-дер-Ваальса; большим количеством ОН-групп, способных к образованию водородных связей; наличием кислых групп СООН, которые могут осуществлять ионные взаимодействия через 2- и 3-валентные катионы.

Материалы и методы исследования. Место проведения полевых опытов – ФГБНУ ФРАНЦ, поле № 73.

Климат приазовской зоны засушливый, умеренно жаркий, континентальный. Относительная влажность воздуха имеет ярко выраженный годовой ход. Наименьшие ее значения отмечаются в июле (50–60 %), минимальные в отдельные дни могут быть 25–30 % и ниже. Приход ФАР за вегетацию 3,5–4,0 млрд ккал/га.

Среднее многолетнее количество осадков 492 мм, распределение их в агрономической оценке часто неблагоприятное. Накопление влаги в почве начинается в основном в конце октября – ноябре, и максимальный ее запас отмечается ранней весной (с середины марта до начала апреля). За весенне-летний период 2015 г. выпало 278,5 мм, 2017 г. – 221,6 мм, 2018 г. – 135 мм (рисунок 1).

Ростовская область является зоной рискованного земледелия из-за возможных засух, однако 2015 и 2017 гг. исследований характеризуются относительно оптимальным увлажнением, ГТК за весенне-летний период вегетации составлял 1,43 и 1,11 соответственно. Крайне засушливые условия сложились в 2018 г.: ГТК был аномально низким (0,2), что отразилось на урожайности озимой пшеницы, она составила в среднем 23 ц/га (таблица 1).

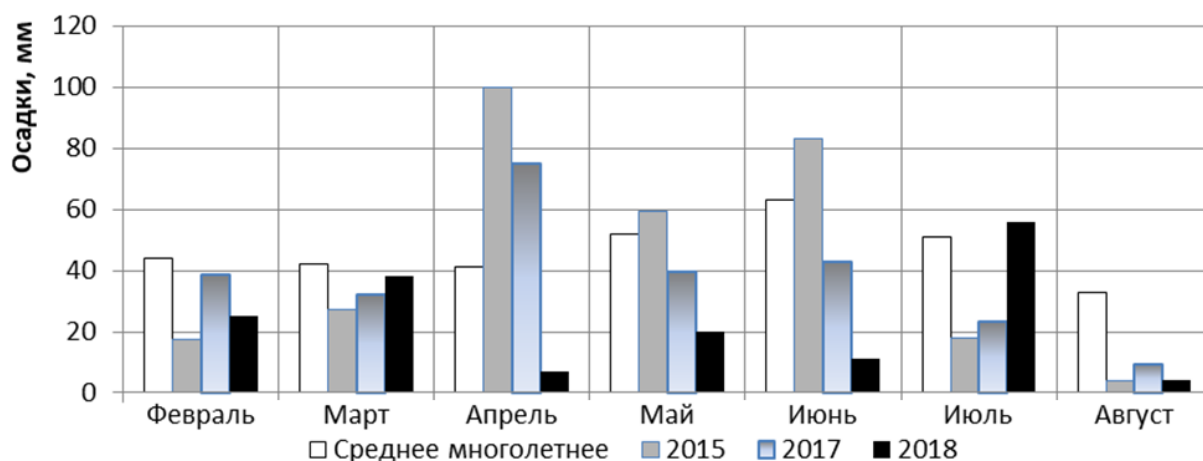


Рисунок 1 – Распределение количества осадков в весенне-летний период вегетации озимой пшеницы в годы исследований

Таблица 1 – Распределение осадков в период вегетации озимой пшеницы (2015, 2017, 2018 гг.)

| Показатель | Месяц | | | | За сезон | в т. ч. апрель – июнь |
|------------------------------|--------|-------|-------|-------|----------|-----------------------|
| | апрель | май | июнь | июль | | |
| 2015 г. | | | | | | |
| Сумма температур воздуха, °С | 309,0 | 607,6 | 681,0 | 753,3 | 3740,5 | 1597,6 |
| Сумма осадков, мм | 100,0 | 46,5 | 83,0 | 17,8 | 252,2 | 229,5 |
| ГТК | 3,23 | 0,76 | 1,21 | 0,23 | 0,67 | 1,43 |
| 2017 г. | | | | | | |
| Сумма температур воздуха, °С | 291,0 | 489,8 | 627,0 | 737,8 | 3521,4 | 1407,8 |
| Сумма осадков, мм | 74,8 | 39,6 | 42,6 | 23,2 | 195,4 | 157,0 |
| ГТК | 2,57 | 0,8 | 0,67 | 0,31 | 0,55 | 1,11 |
| 2018 г. | | | | | | |
| Сумма температур воздуха, °С | 417,0 | 601,4 | 717,0 | 796,7 | 3879,1 | 1735,4 |
| Сумма осадков, мм | 5,5 | 27,0 | 3,0 | 90,0 | 223,5 | 35,5 |
| ГТК | 0,13 | 0,45 | 0,04 | 1,13 | 0,58 | 0,20 |

Отбор почвенных проб проводился согласно ГОСТ 28186-89. Оценка структурного состояния почвы – ГОСТ 12536-79. Для определения почвенной структуры применялось сухое и мокрое просеивание по методу Н. И. Саввинова. Также рассчитывались коэффициенты структурности и водопрочности почвенных агрегатов. Определение углеводов проводили фенолсернокислым методом Дюбуа во фракциях 3–5, 2–3, 1–2 мм, на долю которых в изучаемом черноземе приходится до 40 % всех агрегатов и до 80 % агрономически ценных отдельностей. Здесь приведены результаты по фракции 3–5 мм, отличающейся достаточно высокой водопрочностью агрегатов [2, 17]. При построении диаграмм использовалась программа MS Excel.

Схема опыта приведена в таблице 2. Полевой опыт был заложен в 3-кратной повторности, площадь делянки – 864 м². Перед посевом проводили обработку семян фунгицидом Альто-Супер в дозировке 0,45 л/га (по всем вариантам). Обработка посевов гербицидом баковой смесью (гербицид + гуминовый препарат) и ВЮ-Доном осуществлялась однократно в фазе кущения. Отбор почвенных образцов проводили из пахотного слоя в следующие сроки: фаза всходов, фаза кущения (до обработки гуминовым препаратом и гербицидом), фаза кущения (через 14 дней после обработки гуминовым препаратом и гербицидом) и на момент уборки озимой пшеницы.

Таблица 2 – Схема опыта

| Вариант | Гербицид | ВЮ-Дон |
|---|----------------------|--------|
| 1 Фон 1 (NH ₄ NO ₃ 100 кг/га) | – | – |
| 2 Фон 1 + гербицид норма 1 | Гранстар Про 10 г/га | – |
| 3 Фон 1 + гербицид норма 2 | Гранстар Про 15 г/га | – |
| 4 Фон 1 + гербицид норма 3 | Гранстар Про 20 г/га | – |
| 5 Фон 1 + гербицид норма 4 | Гранстар Про 25 г/га | – |
| 6 Фон 2 (фон 1 + ВЮ-Дон) | – | 1 л/га |
| 7 Фон 2 + гербицид норма 1 | Гранстар Про 10 г/га | 1 л/га |
| 8 Фон 2 + гербицид норма 2 | Гранстар Про 15 г/га | 1 л/га |
| 9 Фон 2 + гербицид норма 3 | Гранстар Про 20 г/га | 1 л/га |
| 10 Фон 2 + гербицид норма 4 | Гранстар Про 25 г/га | 1 л/га |

Результаты и обсуждение. В таблице 3 представлены данные расчета коэффициента структурности в черноземе обыкновенном карбонатном при обработке гуминовым препаратом за вегетационный сезон 2017–2018 гг.

Таблица 3 – Величина коэффициента структурности в черноземе обыкновенном карбонатном по вариантам опыта

| Дата отбора | Вариант опыта | | | | | | | | | |
|-------------|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 20.10.2017 | 1,36 | 3,57 | 2,55 | 1,98 | 2,21 | 2,78 | 3,09 | 4,66 | 3,22 | 3,83 |
| 05.04.2018 | 3,92 | 5,04 | 4,20 | 4,89 | 3,94 | 2,81 | 3,61 | 5,26 | 4,82 | 4,44 |
| 25.05.2018 | 4,72 | 4,93 | 4,89 | 5,11 | 6,40 | 6,04 | 6,20 | 4,87 | 4,35 | 4,54 |
| 12.07.2018 | 4,53 | 4,62 | 5,46 | 3,07 | 2,73 | 3,23 | 3,08 | 2,81 | 3,01 | 3,05 |

В предыдущие годы динамика состояния структуры была похожей [15]. Согласно полученным данным, наблюдается позитивная динамика коэффициента структурности при обработке почвы и всходов гуминовым препаратом совместно с гербицидом (рисунок 2).

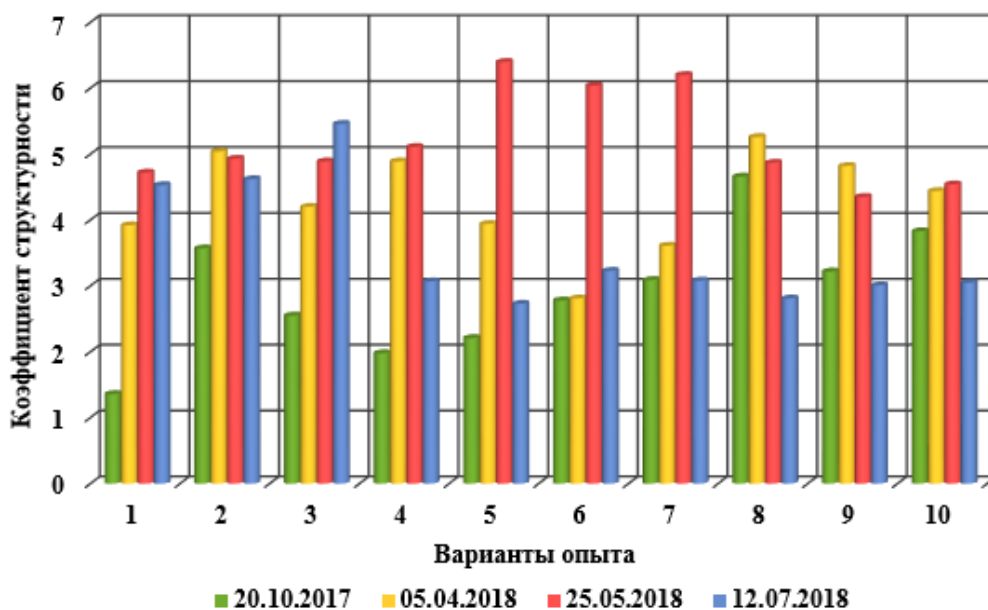


Рисунок 2 – Динамика коэффициента структурности в течение вегетационного сезона 2017–2018 гг.

Однако во всех случаях различия с фоном несущественны ($НСР_{0,05} = 2,12$). Вероятно, сказывалось нивелирующее влияние механической обработки сельскохозяйственными орудиями, одинаковой во всех вариантах.

На уровне тенденции наблюдается снижение эффективности гуминового препарата, обусловленное действием высоких концентраций гербицида. Так, в почвенных образцах, отобранных 12.07.2018, в вариантах 4 и 5, в которых применялись дозы Гранстар Про 20 и 25 г/га, коэффициент структурности снизился на 1,46 и 1,80 соответственно. Там, где обработка проводилась баковой смесью, динамика сходная. Исключение составили варианты 6 (фон 2) и 7 (обработка баковой смесью при минимальной дозе гербицида). В них ухудшение структурного состояния за вегетационный период незначительно, а при сравнении с фоном наблюдается заметное повышение коэффициента структурности на 1,50 и 1,55 соответственно, что существенно больше, чем в вариантах 2 и 3 с минимальной концентрацией гербицида (0,09 и 0,093). Аналогичная тенденция проявляется в динамике содержания водопрочных агрегатов (рисунок 3).

Как и в случае с коэффициентом структурности, по причине влияния антропогенных, биогенных и абиогенных факторов к моменту уборки

урожая наблюдается снижение процента водопрочных агрегатов во всех вариантах. При этом совместное применение гербицида и гуминового препарата сокращает потери водопрочных агрегатов, а внесение гуминового препарата индивидуально без химикатов (фон 2) позволяет повысить водопрочность агрегатов, что выражается в увеличении количества водопрочных агрегатов до 7,85 % за счет снижения данного показателя в сравнении с фоном с 80,29 до 75,38 %.

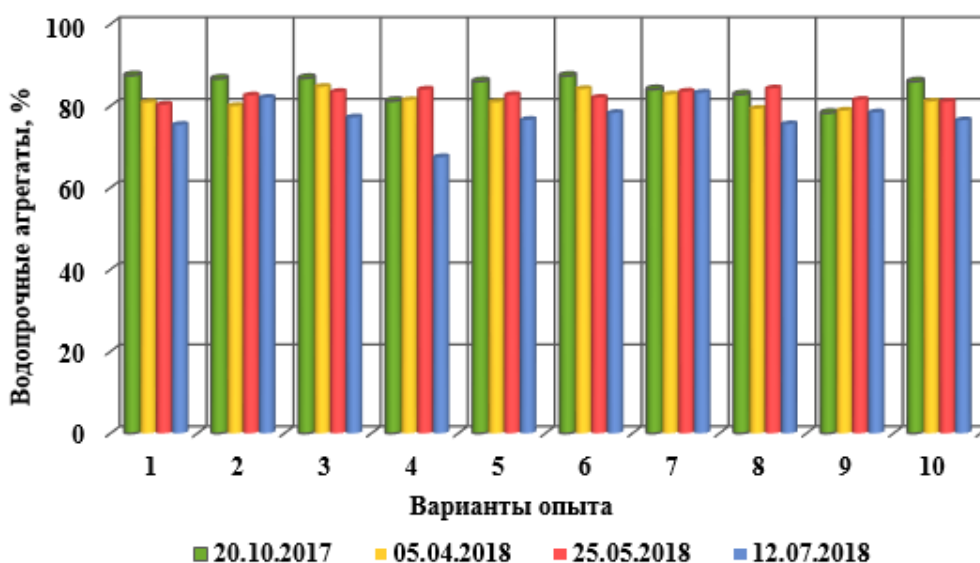


Рисунок 3 – Содержание водопрочных агрегатов в черноземе обыкновенном карбонатном по вариантам опыта

Сложившаяся тенденция обусловлена множеством факторов, среди которых можно выделить сохранение уровня общих углеводов в почве за счет корневых выделений растений и разложения растительных остатков целлюлозоразрушающими микроорганизмами [18]. Многочисленными исследованиями установлено, что гуминовые препараты могут положительно влиять на микробиологическую активность почвы, а значит, опосредованно участвуют в формировании агрономически ценной структуры. На представленных графиках (рисунки 4 и 5) наблюдается заметная связь $r_{xy} = 0,532$ (по шкале Чеддока) между распределением некоторых фракций и общим содержанием углеводов. Из данных рисунков 4 и 5 видно, что содержание агрегатов фракции 3–5 мм по вариантам опыта как в случае с су-

хим просеиванием, так и в случае с мокрым просеиванием коррелирует с пулом углеводов, особенно заметна данная тенденция в вариантах 7–9, в которых в почву вносился гуминовый препарат совместно с гербицидом в дозе 10–20 г/га.

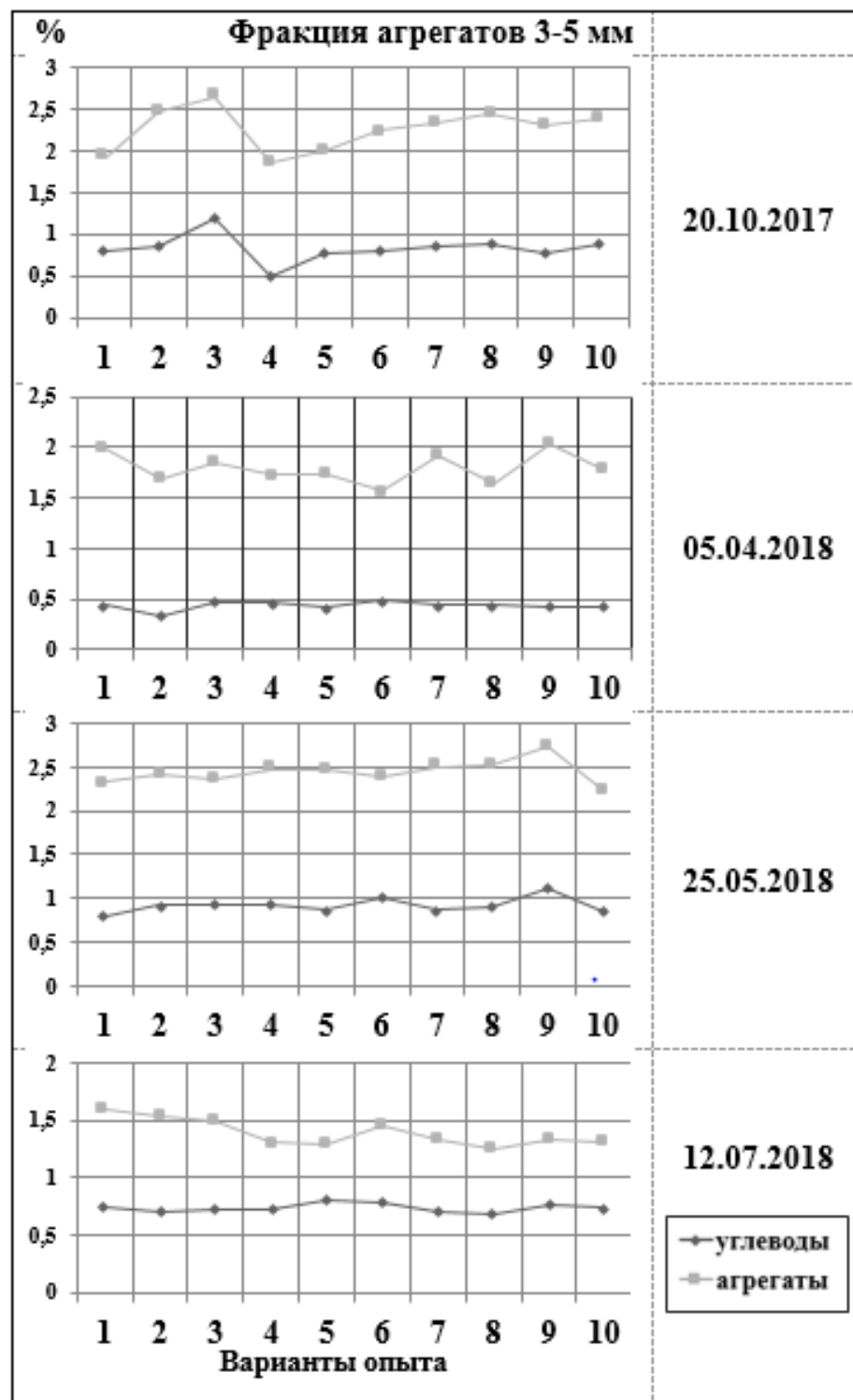


Рисунок 4 – Содержание углеводов и агрегатов фракции 3–5 мм по результатам сухого просеивания

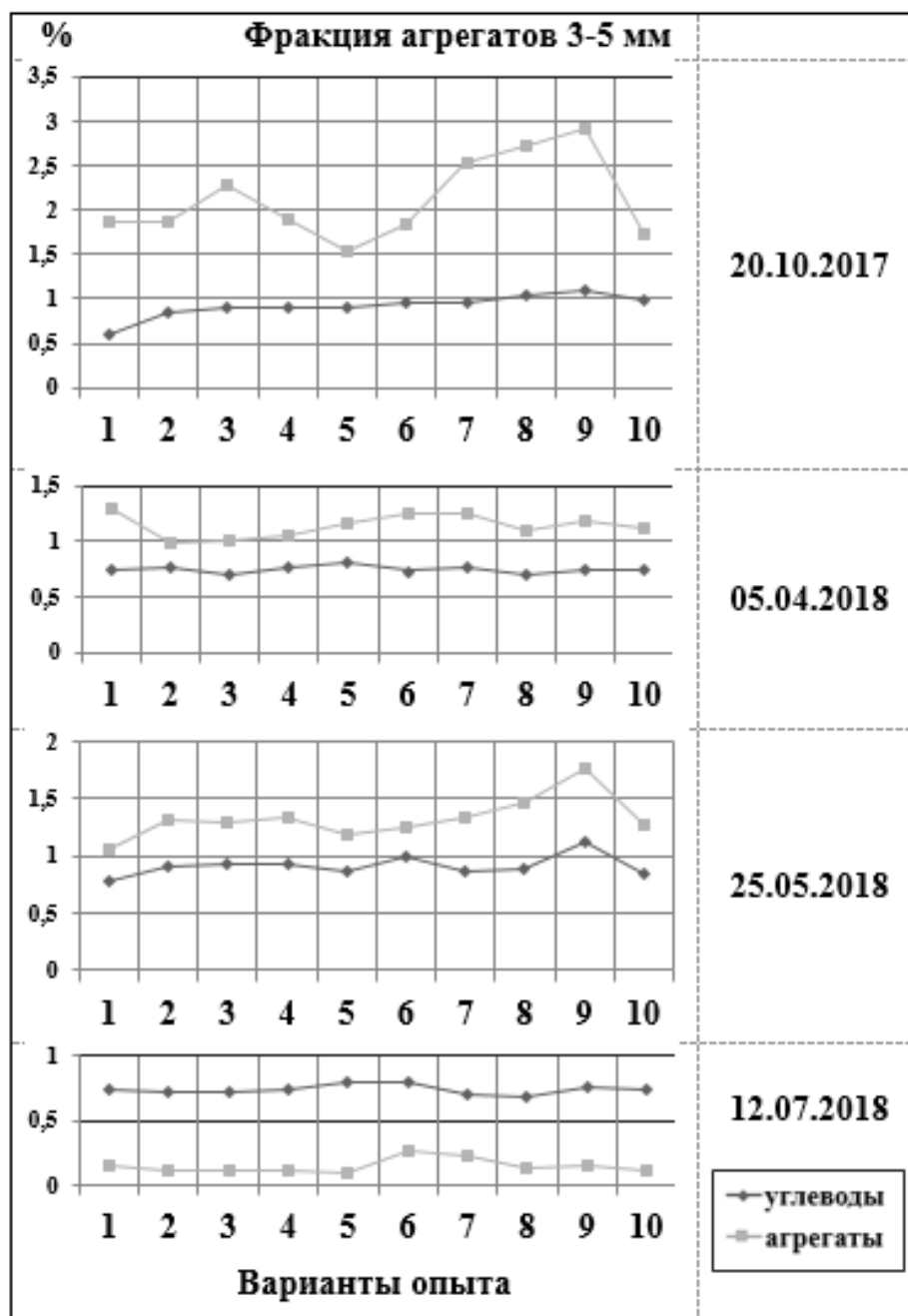


Рисунок 5 – Содержание углеводов и агрегатов фракции 3–5 мм по результатам мокрого просеивания

Так как гуминовые препараты относятся к биологически активным веществам, они опосредованно, через растительные и микробиологические сообщества, интенсифицируют выделение сахаров. Вероятно, углеводы играют существенную роль на начальных этапах формирования почвенных агрегатов, дальнейшее влияние оказывают другие органические вещества. Объясняется образование водопрочных агрегатов действием гумусовых

веществ, выделяющихся в почву при распаде сахаров [18, 19]. Углеводы способны образовывать с гидроксидами алюминия и железа комплексные золи. Под защитой органических коллоидов полуторные оксиды и глинистые частицы приобретают способность перемещаться в почвенном профиле. Высокую химическую активность углеводов при взаимодействии с металлами, органическими и неорганическими коллоидами обуславливает линейная структура молекул углеводов, присутствие гидроксильных, карбоксильных и аминогрупп.

Остается открытым вопрос о механизмах взаимодействия углеводов с минералами. Механизм связывания молекул полисахаридов с глинистыми частицами объясняется наличием ионных и водородных связей. Кислые полисахариды не могут иметь ионной связи с отрицательно заряженной глиной, подобной монтмориллониту. Н. Н. Федорова, О. В. Романов [20] предполагают, что структурирующее действие углеводов, особенно сахарозы, обусловлено быстрым биохимическим разложением полисахарида и трансформацией его в гуминоподобные соединения. Однако эти процессы, вероятно, действительно имеют место при внесении углеводов в почву с целью изучения их оструктурирующего воздействия. В наших экспериментах изучались почвенные углеводы, существенная часть которых связана с гумусом. Фолиарная обработка вегетирующих растений биологически активным веществом провоцирует растения на продуцирование корневых выделений, что в свою очередь активизирует микроорганизмы ризосферы [21] и увеличение пула углеводных компонентов.

Выводы

1 Пестициды, в т. ч. гербициды и фунгициды, ввиду своей высокой токсичности по отношению к растительным сообществам опосредованно вызывают деградацию агрофизических свойств почв, о чем свидетельствует уменьшение количества водопрочных агрегатов в вариантах с обработкой посевов озимой пшеницы гербицидом на фоне минерального удобрения.

2 В ходе лабораторных исследований было установлено, что корреляционная связь между содержанием почвенных агрегатов размерностью 3–5 мм и углеводов заметна ($r_{xy} = 0,532$ по шкале Чеддока), это подтверждает предположение многих авторов о структурообразующей роли углеводов.

3 Внесение гуминовых препаратов позволяет уменьшить сезонное ухудшение структурного состояния. С прекращением внесения активных веществ величина коэффициента структурности стремится к своему естественному значению (фону).

Список использованных источников

1 Jacquin, F. Contribution to the study of the role of polysaccharides on structural stability / F. Jacquin, A. Guckert // Papers 5rd Czechosl. Soil Sei. Conf. – Nitra, 1975. – Pt. 1. – P. 157–165.

2 Безуглова, О. С. Гумусное состояние почв юга России / О. С. Безуглова. – Ростов н/Д.: Изд-во СКНЦ ВШ, 2001. – 228 с.

3 Finch, P. Studies on the polysaccharide constituents of an acid extract of a Finland mick soil / P. Finch, M. N. Hayls, M. Stacey // Trans. 9th Int. Congr. Soil Sci. – Adelaide, 1968. – Vol. 3. – P. 193–201.

4 Tisdall, I. M. Organic matter and water stable aggregates in soils / I. M. Tisdall, J. M. Oades // J. Soil Sci. – 1982. – 33. – P. 141–163.

5 Cairo Cairo, P. Influencia del residual de la Fabrica de Glucose de Cienfuegos sobre algunas propiedades fisical de un suelo pesado / P. Cairo Cairo, J. F. Lopez Delgado, R. Cabrero Paez // Centro Agr. – 1985. – 12.1. – P. 3–12.

6 Bronick, C. J. Soil structure and management: a review / C. J. Bronick, R. Lal // Geoderma. – 2005. – Vol. 124. – P. 3–22. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2004.03.005>.

7 Flaig, W. Organic compounds in soil / W. Flaig // Soil Sci. – 1971. – Vol. 111, iss. 1. – P. 19–33.

8 Stefanson, R. C. Effect of periodate and pyrophosphate on the seasonal changes in aggregate stabilization / R. C. Stefanson // Aust. J. Soil Res. – 1971. – Vol. 9, № 1. – P. 33–41.

9 A study of polysaccharide-producing organisms occurring in the root region of certain pasture grasses / D. M. Webley, R. B. Duff, J. S. Bacon, V. C. Farmer // J. Soil Sci. – 1965. – Vol. 16, № 2. – P. 149–171.

10 Хан, Д. В. Органо-минеральные соединения и структура почвы / Д. В. Хан. – М.: Наука, 1969. – 140 с.

11 Soil fertility and quality assessment under tree-, crop-, and pasture-based land-use systems in a rainfed environment / K. L. Sharma, K. Ramachandra Raju, S. K. Das, B. R. C. Prasad Rao, B. S. Kulkarni, K. Srinivas, J. Kusuma Grace, M. Madhavi, P. N. Gajbhiye // Comm. in Soil Sci. and Plant Anal. – 2009. – Vol. 40. – P. 1436–1461. – DOI: <https://doi.org/10.1080/00103620902818096>.

12 Soil aggregation under different management systems / C. M. R. Portella, M. F. Guimaraes, C. Feller, I. C. B. Fonseca, J. T. Filho // Rev. Bras. Ciencia Solo. – 2012. – 36. – P. 1868–1877.

13 Azam, M. G. Effects of cropping systems on selected soil structural properties and crops yields in the Lam Phra Phloeng watershed-northeast Thailand / M. G. Azam, M. A. Zoebisch, K. S. Wickramarachchi // J. Agron. – 2008. – Vol. 7. – P. 56–62. – DOI: [10.3923/ja.2008.56.62](https://doi.org/10.3923/ja.2008.56.62).

14 Colometric method for determination of sugars and related substances / M. Dibois, K. A. Gilles, Y. K. Hamilton, P. A. Reber, F. Smith // *Analit. Chem.* – 1956. – Vol. 28. – P. 350–356.

15 Гельцер, Ф. Ю. Процесс образования деятельного перегноя дернового типа / Ф. Ю. Гельцер // *Почвоведение.* – 1943. – № 9–10. – С. 62–74.

16 Martin, J. P. Decomposition and binding action of a polysaccharide from Chromobacterium Violaceum in soil / J. P. Martin, S. J. Richards // *J. Bacteriology.* – 1963. – Vol. 85, № 4. – P. 1288–1294.

17 Лыхман, В. А. Влияние гуминовых препаратов на структурное состояние черноземных и каштановых почв Ростовской области: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 06.01.03 / Лыхман Владимир Анатольевич. – М., 2017. – 25 с.

18 Безуглова, О. С. Гуминовые удобрения и стимуляторы роста: учеб.-метод. пособие / О. С. Безуглова. – Ростов н/Д., 2009. – 53 с.

19 Безуглова, О. С. Гуминовые препараты как стимуляторы роста растений и микроорганизмов (обзор) / О. С. Безуглова, Е. А. Полиенко, А. В. Горовцов // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета.* – 2016. – № 4(60). – С. 11–14.

20 Федорова, Н. Н. Влияние органических веществ на агрегатное состояние почвы / Н. Н. Федорова, О. В. Романов // *Вестник СПбГУ. Сер. 3.* – 2006. – Вып. 1. – С. 148–155.

21 Влияние гуминового препарата на структурное состояние и биологическую активность чернозема обыкновенного карбонатного в динамике / В. А. Лыхман, О. С. Безуглова, А. В. Горовцов, Е. А. Полиенко // *Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс].* – 2018. – № 3(31). – С. 100–120. – Режим доступа: http://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec563-field6.pdf. – DOI: 10.31774/2222-1816-2018-3-100-120.

References

1 Jacquin F., Guckert A., 1975. Contribution to the study of the role of polysaccharides on structural stability. Papers 5rd Czechosl. Soil Sei. Conf., Nitra, Pt. 1, pp. 157-165.

2 Bezuglova O.S., 2001. *Gumusnoe sostoyanie pochv yuga Rossii* [Humus Status of Soils in the South of Russia]. Rostov-on-Don, SKNTs HE Publ., 228 p. (In Russian).

3 Finch P., Hayls M.N., Stacey M., 1968. Studies on the polysaccharide constituents of an acid extract of a Finland mick soil. Trans. 9th Int. Congr. Soil Sci., Adelaide, vol. 3, pp. 193-201.

4 Tisdall I.M., Oades J.M., 1982. Organic matter and water stable aggregates in soils. *J. Soil Sci.*, 33, pp. 141-163.

5 Cairo Cairo P., Lopez Delgado J.F., Cabrero Paez R., 1985. Influencia del residual de la Fabrica de Glucose de Cienfuegos sobre algunas propiedades fisical de un suelo pesado. *Centro Agr.*, 12.1, pp. 3-12. (In Spanish).

6 Bronick C.J., Lal R., 2005. Soil structure and management: a review. *Geoderma*, vol. 124, pp. 3-22, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2004.03.005>.

7 Flaig W., 1971. Organic compounds in soil. *Soil Sci.*, vol. 111, iss. 1, pp. 19-33.

8 Stefanson R.C., 1971. Effect of periodate and pyrophosphate on the seasonal changes in aggregate stabilization. *Aust. J. Soil Res.*, vol. 9, no. 1, pp. 33-41.

9 Webley D.M., Duff R.B., Bacon J.S., Farmer V.C., 1965. A study of polysaccharide-producing organisms occurring in the root region of certain pasture grasses. *J. Soil Sci.*, vol. 16, no. 2, pp. 149-171.

10 Khan D.V., 1969. *Organo-mineral'nye soedineniya i struktura pochvy* [Organic and Mineral Compounds and Soil Structure]. Moscow, Science Publ., 140 p. (In Russian).

11 Sharma K.L., Ramachandra Raju K., Das S.K., Prasad Rao B.R.C., Kulkarni B.S., Srinivas K., Kusuma Grace J., Madhavi M., Gajbhiye P.N., 2009. Soil fertility and quality as-

assessment under tree-, crop-, and pasture-based land-use systems in a rainfed environment. *Comm. in Soil Sci. and Plant Anal.*, vol. 40, pp. 1436-1461, DOI: <https://doi.org/10.1080/00103620902818096>.

12 Portella C.M.R., Guimaraes M.F., Feller C., Fonseca I.C.B., Filho J.T., 2012. Soil aggregation under different management systems. *Rev. Bras. Ciencia Solo*, 36, pp. 1868-1877.

13 Azam M.G., Zoebisch M.A., Wickramarachchi K.S., 2008. Effects of cropping systems on selected soil structural properties and crops yields in the Lam Phra Phloeng watershed-northeast Thailand. *J. Agron.*, vol. 7, pp. 56-62, DOI: 10.3923/ja.2008.56.62.

14 Dibois M., Gilles Y.K.A., Hamilton K., Reber P.A., Smith F., 1956. Colometric method for determination of sugars and related substances. *Analit. Chem.*, vol. 28, pp. 350-356.

15 Geltser F.Yu., 1943. *Protsess obrazovaniya deyatel'nogo peregnoya dernovogo tipa* [The process of formation of active humus of the sod type]. *Pochvovedenie* [Soil Science], no. 9-10, pp. 62-74. (In Russian).

16 Martin J.P., Richards S.J., 1963. Decomposition and binding action of a polysaccharide from *Chromobacterium Violaceum* in soil. *J. Bacteriology*, vol. 85, no. 4, pp. 1288-1294.

17 Lykhman V.A., 2017. *Vliyanie guminovykh preparatov na strukturnoe sostoyanie chernozemnykh i kashtanovykh pochv Rostovskoy oblasti. Avtoreferat diss. kand. biol. nauk* [Influence of humic agents on the structural state of chernozem and chestnut soils of Rostov region. Abstract of cand. biol. sci. diss.]. Moscow, 25 p. (In Russian).

18 Bezuglova O.S., 2009. *Guminovye udobreniya i stimulyatory rosta: uchebno-metodicheskoe posobie* [Humic Fertilizers and Growth Stimulants: study guide]. Rostov-on-Don, 53 p. (In Russian).

19 Bezuglova O.S., Polienko E.A., Gorovtsov A.V., 2016. *Guminovye preparaty kak stimulyatory rosta rasteniy i mikroorganizmov (obzor)* [Humic preparations as growth stimulators of plants and microorganisms (review)]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bull. of Orenburg State Agrarian University], no. 4(60), pp. 11-14. (In Russian).

20 Fedorova N.N., Romanov O.V., 2006. *Vliyanie organicheskikh veshchestv na agregatnoe sostoyanie* [The influence of organic materials on soil aggregative condition]. *Vestnik SPbGU. Ser. 3* [Bull. of St. Petersburg State University. Ser. 3], iss. 1, pp. 148-155. (In Russian).

21 Lykhman V.A., Bezuglova O.S., Gorovtsov A.V., Polienko E.A., 2018. [The influence of a humic preparation on structural state and biological activity of ordinary carbonate chernozem in dynamics]. *Nauchnyy Zhurnal Rossisskogo NII Problem Melioratsii*, no. 3(31), pp. 100-120, available: http://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec563-field6.pdf, DOI: 10.31774/2222-1816-2018-3-100-120. (In Russian).

Лыхман Владимир Анатольевич

Ученая степень: кандидат биологических наук

Должность: младший научный сотрудник

Место работы: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный Ростовский аграрный научный центр»

Адрес организации: ул. Институтская, 1, пос. Рассвет, Аксайский район, Ростовская область, Российская Федерация, 346735

E-mail: lykvladimir@yandex.ru

Lykhman Vladimir Anatolyevich

Degree: Candidate of Biological Sciences

Position: Junior Researcher

Affiliation: Federal Rostov Agricultural Research Centre

Affiliation address: st. Institutskaya, 1, Rassvet, Aksay district, Rostov region, Russian Federation, 346735

E-mail: lykvladimir@yandex.ru

Безуглова Ольга Степановна

Ученая степень: доктор биологических наук

Ученое звание: профессор

Должность: главный научный сотрудник

Место работы: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный Ростовский аграрный научный центр»

Адрес организации: ул. Институтская, 1, пос. Рассвет, Аксайский район, Ростовская область, Российская Федерация, 346735

Должность: профессор кафедры почвоведения и оценки земельных ресурсов

Место работы: Академия биологии и биотехнологии имени Д. И. Ивановского федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южный федеральный университет»

Адрес организации: пр-т Стачки, 194/1, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация, 344090

E-mail: lola314@mail.ru

Bezuglova Olga Stepanovna

Degree: Doctor of Biological Sciences

Title: Professor

Position: Chief Researcher

Affiliation: Federal Rostov Agricultural Research Centre

Affiliation address: st. Institutskaya, 1, Rassvet, Aksay district, Rostov region, Russian Federation, 346735

Position: Professor of the Chair of Soil Science and Land Resources Assessment

Affiliation: Academy of Biology and Biotechnology of the Southern Federal University

Affiliation address: ave. Stachki, 194/1, Rostov-on-Don, Russian Federation, 344090

E-mail: lola314@mail.ru

Полиенко Елена Александровна

Ученая степень: кандидат биологических наук

Должность: старший научный сотрудник

Место работы: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный Ростовский аграрный научный центр»

Адрес организации: ул. Институтская, 1, п. Рассвет, Аксайский район, Ростовская область, Российская Федерация, 346735

E-mail: polienkoe468@gmail.com

Poliyenko Yelena Aleksandrovna

Degree: Candidate of Biological Sciences

Position: Senior Researcher

Affiliation: Federal Rostov Agricultural Research Centre

Affiliation address: st. Institutskaya, 1, Rassvet, Aksay district, Rostov region, Russian Federation, 346735

E-mail: polienkoe468@gmail.com

Дубинина Марина Николаевна

Должность: младший научный сотрудник

Место работы: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный Ростовский аграрный научный центр»

Адрес организации: ул. Институтская, 1, п. Рассвет, Аксайский район, Ростовская область, Российская Федерация, 346735

E-mail: dubinina-marina@rambler.ru

Dubinina Marina Nicolayevna

Position: Junior Researcher

Affiliation: Federal Rostov Agricultural Research Centre

Affiliation address: st. Institutskaya, 1, Rassvet, Aksay district, Rostov region, Russian Federation, 346735

E-mail: dubinina-marina@rambler.ru

Наими Ольга Ивановна

Ученая степень: кандидат биологических наук

Должность: старший научный сотрудник

Место работы: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный Ростовский аграрный научный центр»

Адрес организации: ул. Институтская, 1, п. Рассвет, Аксайский район, Ростовская область, Российская Федерация, 346735

E-mail: o.naimi@mail.ru

Naimi Olga Ivanovna

Degree: Candidate of Biological Sciences

Position: Senior Researcher

Affiliation: Federal Rostov Agricultural Research Centre

Affiliation address: st. Institutskaya, 1, Rassvet, Aksay district, Rostov region, Russian Federation, 346735

E-mail: o.naimi@mail.ru

Патрикеев Евгений Сергеевич

Должность: младший научный сотрудник

Место работы: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный Ростовский аграрный научный центр»

Адрес организации: ул. Институтская, 1, п. Рассвет, Аксайский район, Ростовская область, Российская Федерация, 346735

E-mail: patrikeev@sfedu.ru

Patrikeyev Yevgeniy Sergeyeovich

Position: Junior Researcher

Affiliation: Federal Rostov Agricultural Research Centre

Affiliation address: st. Institutskaya, 1, Rassvet, Aksay district, Rostov region, Russian Federation, 346735

E-mail: patrikeev@sfedu.ru