

DOI: 10.15593/2224-9400/2020.2.03

УДК 631.8; 633

**И.М. Суханова, Е.А. Прищепенко, Р.Р. Газизов,
Л.М.-Х. Биккинина, М.М. Ильясов**

Татарский НИИАХП ФИЦ КазНЦ РАН, Казань, Россия

**ВЛИЯНИЕ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН
ОРГАНО-МИНЕРАЛЬНЫМИ СУСПЕНЗИЯМИ
В ОБЫЧНОЙ И УЛЬТРАДИСПЕРСНОЙ ФОРМАХ
НА СТРУКТУРУ УРОЖАЯ И КАЧЕСТВО
ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ**

Одна из первоочередных задач АПК – поиск и внедрение новых экологически безопасных и экономически рентабельных удобрений, способных интенсифицировать производство высококачественной продукции растениеводства при сохранении и воспроизводстве почвенного плодородия. Как альтернативные источники удобрений, в дополнение к их невысоким дозам использования мы рассматриваем диатомит, бурый уголь, биогузмус и сапропель – вещества, созданные самой природой и экологически безопасные по своему составу. Проведены исследования по влиянию предпосевной обработки семян макро- и ультрадисперсными (наноструктурными) суспензиями сапропеля, биогузмуса и бурого угля по фону внесения минеральных удобрений и комплексного использования минеральных удобрений и диатомита. Изучены различные дозы их использования на элементы структуры урожая и качество семян. Диффузная пропитка семян суспензиями в ультрадисперсной форме показала эффективность по всем исследуемым показателям. Самое крупное и выполненное зерно отмечено по фону с использованием диатомита и $N_{60}P_{60}K_{60}$ с предпосевной обработкой семян наноуглем. Прибавка к макросуспензии составила 11,6 %, к минеральному фону – 9,9 %. Выявлено стимулирующее влияние нанобиогузмуса и наносапропеля на качество ярового ячменя по фону использования диатомита и комплексных минеральных удобрений. Содержание белка увеличилось на 2,6 %, прослеживалась тенденция к увеличению зольности, содержанию фосфора и калия в зерне. Наноструктурные суспензии, обладая уникальными свойствами, благодаря отдельным размерам частиц 20–30 нм, проникающим беспрепятственно и не повреждающим структуру, стимулируя биохимические процессы и пролонгированное действие на биологические объекты, обеспечили лучшие по сравнению с обработкой макросуспензиями показатели продуктивности и качества зерна ярового ячменя.

Ключевые слова: сапропель, биогузмус, бурый уголь, диатомит, ультрадисперсные суспензии, ячмень, обработка семян, структура урожая, качество семян.

**I.M. Sukhanova, E.A. Prishchepenko, R.R. Gazizov,
L.M.-Kh. Bikkinina, M.M. Ilyasov**

Tatar Scientific Research Institute of Agrochemistry and Soil Science,
FRC Kazan Scientific Center, Russian Academy of Sciences,
Kazan, Russian Federation

**INFLUENCE OF PRE-SOWING SEED TREATMENT
WITH ORGANO-MINERAL SUSPENSIONS IN CONVENTIONAL
AND ULTRAFINE FORMS ON THE CROP STRUCTURE
AND QUALITY OF SPRING BARLEY**

One of the primary tasks of the agro-industrial complex is the search and implementation of new environmentally friendly and economically viable fertilizers that can intensify the production of high-quality crop products while maintaining and reproducing soil fertility. As alternative sources of fertilizers, in addition to their low doses of use, we consider diatomite, brown coal, biohumus and sapropel – substances created by nature itself and environmentally friendly in composition. Studies have been conducted on the effect of pre-sowing seed treatment with macro- and ultrafine (nanostructured) suspensions of sapropel, vermicompost and brown coal against the background of mineral fertilizers and the integrated use of mineral fertilizers and diatomite. We studied various doses of their use on the elements of the structure of the crop and the quality of the seeds. Diffuse impregnation of seeds with suspensions in an ultrafine form has shown effectiveness in all studied parameters. The largest and most complete grain was marked by background using diatomite and N60P60K60 with pre-sowing treatment of seeds with nanocarbon. The addition to macro-suspension was 11.6%, and to the mineral background – 9.9%. The stimulating effect of nanobiohumus and nanosapropel on the quality of spring barley was revealed according to the background of the use of diatomite and complex mineral fertilizers. The protein content increased by 2.6%, there was a tendency to increase ash content, the content of phosphorus and potassium in the grain. Nanostructured suspensions, having unique properties, due to individual particle sizes of 20-30 nm, penetrating unhindered and not damaging the structure, stimulating biochemical processes and a prolonged effect on biological objects, provided better barley productivity and grain quality indicators compared with macro-suspension processing.

Keywords: *sapropel, biohumus, brown coal, diatomite, ultrafine suspensions, barley, seed treatment, crop structure, seed quality.*

Сохранение плодородия почв и окружающей среды путем использования природных удобрений, способствующих минимизации применения химических средств стимулирования и защиты при возделывании культур и получения экологически безопасной продукции должна быть приоритетной в сельскохозяйственном производстве. Перспективным направлением в земледелии и растениеводстве является разработка и внедрение инновационных удобрений и средств защи-

ты растений, основанных на многостороннем действии кремниевой кислоты на систему почва – растение [1]. Среди биофильных элементов по растворимости кремний находится в одной группе с такими элементами, как фосфор и марганец, в составе почвы и удобрений он влияет на подвижность ряда элементов питания растений. Так, силикат-ионы способны вытеснять различные анионы фосфора из труднорастворимых фосфатов почвы и удобрений, при этом происходит постепенный переход малоподвижных форм фосфора в доступные соединения [2, 3]. Диатомит является высококремнистой осадочной горной породой, состоящей преимущественно из раковин диатомовых водорослей с уникальными адсорбционными, ионообменными и каталитическими свойствами. В качестве примесей присутствуют: обломочный материал (обычно кварц), глауконит и глинистые минералы [4, 5]. Биогумус – продукт естественных технологий биологических систем, созданных с помощью червей. Его состав и свойства зависят от исходного субстрата и представляют собой сложный конгломерат, состоящий из большого количества макро- и микроэлементов, ростовых веществ, витаминов, антибиотиков, аминокислот и полезной микрофлоры. Сапропель – донные отложения пресноводных водоемов, сформированные из отмершей водной растительности, остатков живых организмов, планктона, также частиц почвенного перегноя, содержащий большое количество органических веществ, гумуса: лигниногумусовый комплекс, углеводы, битумы и другие в коллоидном состоянии. Наличие в составе сапропеля природных минералов, таких как железо, медь, кобальт, позволяет улучшить качественные характеристики растения, стимулируя развитие корневой системы [6]. Одним из природных материалов, сформированным в течение столетий, являются бурые угли, богатые гуминовыми соединениями, применение которых в сельском хозяйстве изучается с точки зрения восстановления почвенного плодородия и увеличения урожайности сельскохозяйственных культур. Гуминовые кислоты и продукты их разложения обладают биологической активностью из-за содержания элементов N, P, Ca, K, S, имеющих важное питательное значение для растений [7].

В сотрудничестве с учеными Научно-исследовательского инновационно-прикладного центра «Наноматериалы и нанотехнологии» Казанского национального исследовательского технологического университета впервые получен бурый уголь, сапропель и биогумус в ультрадисперсном состоянии, изучаются их свойства и разрабатываются

приемы, способы и технологии их применения в различных отраслях сельского хозяйства.

Цель исследований – получение и выявление эффективности макро- и ультрадисперсных суспензий из органо-минерального сырья, способных оказывать комплексный эффект на рост, развитие растений, продуктивность и качество зерна.

Экспериментальная часть. Исследования по изучению действия сапропеля, бурого угля и биогумуса в обычной и ультрадисперсной формах на фонах с использованием минеральных удобрений и минеральных удобрений с диатомитом на структуру урожая и качество зерна проводились в вегетационных сосудах по методике постановки опытов Б.А. Доспехова [8]. Почва – серая лесная среднесуглинистая. Культура – ячмень, сорт «Прерия». В качестве минеральных удобрений (фон 1) использовали комплексное удобрение Азофоска с массовой долей питательных веществ N – 16 %, P – 16 %, K – 16 %. В дополнение к минеральным удобрениям (фон 2) использован диатомит Инзенского месторождения Ульяновской области с химическим составом (в оксидной форме, % на абсолютно сухое вещество): SiO₂ – 83,5; Al₂O₃ – 7,74; Fe₂O₃ – 2,40; K₂O – 1,25; MgO – 0,56; CaO – 0,48; TiO₂ – 0,28; FeO – 0,13; P₂O₅ – 0,05 Na₂O – 0,02; MnO – 0,01; SO₃ – 0,32; SiO₂ аморфный – 42,0.

Фоновые минеральные удобрения и диатомит вносились в почву перед посевом.

В опыте применяли сапропель месторождения озера Белое РТ, биогумус производства «Грин-ПИКЪ» (г. Ковров, Владимирской области) и бурый уголь (месторождения Кемеровской области) в виде водных и ультрадисперсных суспензий. Состав сапропеля, % (на сухое вещество): органическое вещество – 31,3; pH – 7,8; CaO – 18,9; SiO₂ – 11,7; Al₂O₃ – 5,1; N_{общ} – 1,23; P₂O₅ – 0,45; K₂O – 0,82; SO₃ – 1,27; Fe₂O₃ – 2,42; влажность – 59; микроэлементы – Mn, Cu, Zn и др., не превышающие ПДК. Состав биогумуса, %: органическое вещество – 30,0; pH – 7,5; N_{общ} – 1,85; P₂O₅ – 1,78; K₂O – 2,33; CaO – 1,03; влажность – 35,0; содержит комплекс микроэлементов, наличие солей тяжелых металлов незначительное [9, 10]. Состав бурого угля, %: C – 58,8; O+N+S – 36,4; H – 4,8; летучих веществ – 51,1; зольность – 6,6.

Для получения наноструктурных агроминералов из сапропеля, бурого угля и биогумуса был использован метод ультразвукового воздействия. Исходный порошкообразный минерал помещали в деиони-

зированной воду. Полученную суспензию подвергали ультразвуковому диспергированию, в результате чего получили взвесь равномерно распределенных частиц агроминерала наноразмерного диапазона. Размер наноструктурных частиц находился в пределах 5,0–120 нм.

Повторность опыта четырехкратная. Схема опыта следующая:

1) $N_{60}P_{60}K_{60}$ – **фон 1**

фон 1 + предпосевная обработка семян суспензиями:

2) сапропеля в дозе 1,5 кг/т

3) биогумуса в дозе 1,5 кг/т

4) угля 1,5 кг/т

5) наносапропеля в дозе 1,5 кг/т

6) нанобиогумуса в дозе 1,5 кг/т

7) наноугля 1,5 кг/т

8) $N_{60}P_{60}K_{60}$ + диатомит 300кг/га – **фон 2**

фон 2 + предпосевная обработка семян суспензиями:

9) сапропеля в дозе 1,5 кг/т

10) биогумуса в дозе 1,5 кг/т

11) угля 1,5 кг/т

12) наносапропеля в дозе 1,5 кг/т

13) нанобиогумуса в дозе 1,5 кг/т

14) наноугля 1,5 кг/т

Проведены фенологические наблюдения за ростом и развитием ярового ячменя, определено влияние предпосевной обработки семян органо-минеральными суспензиями и ультрадисперсными суспензиями на структуру урожая (масса зерна, масса растений и пожнивных остатков – на сосуд; масса 1000 семян) [11] и содержания элементов минерального питания в зерне: зольность ГОСТ 10847–74, общий азот ГОСТ 13496.4–84, азота и сырой протеин ГОСТ Р 51417–99, общий фосфор ГОСТ 13586–68, общий калий ГОСТ 13586–68.

Результаты и их обсуждение. Высота растений ячменя варьировала в среднем в пределах 48,3–58,2 см (табл. 1), в вариантах с использованием наноструктурного сапропеля у некоторых стеблей она доходила до 83 см. Средние показатели по минеральному фону данного варианта – 58,2 см.

Обработка семян макроаналогом по фону с использованием НРК и диатомита также была эффективной для показателя, но существенно длина растений ячменя не изменилась. Разница на 2,52 см отмечена лишь по фонам без обработок семян.

Таблица 1

Структура урожая ячменя Прерия

Вариант	Длина растений, см	Длина колоса, см	Кол-во зерен в колосе, шт.	Масса 1000 зерен, г	Вес растений	Вес корней	Вес зерна
					г/сосуд		
1	48,30	4,68	14	43,79	15,54	0,805	8,23
2	53,90	5,68	16	45,34	17,92	0,900	9,22
3	53,82	5,79	16	45,72	17,60	0,926	9,18
4	55,20	6,32	17	45,14	17,46	0,808	9,25
5	58,20	5,99	17	48,99	19,86	0,955	11,09
6	56,10	6,08	17	47,56	19,84	1,124	10,68
7	52,72	5,96	17	47,72	19,93	1,143	10,81
8	50,82	5,37	16	46,12	16,62	1,050	9,29
9	56,56	6,10	17	48,67	20,06	1,106	10,70
10	54,60	5,53	16	47,49	18,10	1,030	9,17
11	52,72	5,43	16	44,45	17,55	1,025	8,60
12	56,14	6,58	18	47,93	20,04	1,021	11,15
13	55,17	5,96	17	47,10	19,11	1,035	10,41
14	52,74	5,91	17	49,61	17,98	1,089	9,15
НСР _{0,5}	5,25	1,60	1,61	1,73	2,59	1,58	2,11

Наилучшие средние показатели длины колоса – 6,6 см вновь выявлены в вариантах с использованием наносапропеля. Длина колосьев по варианту достигала 8 и 10 см. Количество зерен доходило до 22 шт. с колоса, среднее число составляло 18 шт. с колоса. Использование сапропеля и биогумуса в ультрадисперсной форме по двум фонам обладало преимуществом по сравнению с обычными суспензиями для обработок, обеспечив прибавку длины колоса на 0,5 см. По количеству зерен в колосе варианты с использованием нановеществ также показали свою эффективность.

Формирование массы 1000 семян ячменя в условиях вегетационных сосудов, несколько ниже, чем в полевом опыте. Масса 1000 зерен в полевых условиях достигает 48–52 г, в нашем случае составила от 43,8 до 49,6 г. Самое крупное и выполненное зерно отмечено по фону диатомита с минеральными удобрениями в варианте с предпосевной обработкой семян наноуглем – 49,6 г. Прибавка к макросуспензиям по данному фону составила 11,6 %, по фону с внесением удобрений 9,9 %. Использование в качестве фона минеральных удобрений и обработка семян наносапропелем увеличили крупность зерна от 2,7 до 11,9 %. Обработка наносуспензиями биогумуса и угля по фону на 4,02–5,7 % оказалась результативнее макроаналогов.

Вес сухой биомассы растений по вариантам составил 15,5–20,1 г/сосуд. Лидирующие позиции по показателю заняли варианты с использованием суспензий сапропеля – 20,06 г/сосуд и наносапропеля – 20,04 г/сосуд по фону с комплексным использованием минеральных удобрений и диатомита. Сочетание внесения мелиорирующих веществ в почву (кремниевых удобрений) и предпосевной обработки семян привело к максимальному выходу биомассы ярового ячменя. Использование ультрадисперсных суспензий сапропеля, биогумуса и угля по минеральному фону повысило вес растений с сосуда относительно аналогичного использования макросуспензий от 10,8 до 14,1 %, или на 1,94–2,47 г.

Корневая система у ячменя сорта Прерия мощная, причем хорошо развиты как зародышевые, так и узловые корни, чем в определенной степени обусловлены такие качества, как высокая жаростойкость и засухоустойчивость. Из данных табл. 1 по фону комплекса диатомита с минеральными удобрениями можно выделить все варианты, которые показывают увеличение сухой биомассы корней более 1 г на сосуд. По фону минеральных удобрений хорошо развитая корневая система отмечена только с использованием органических наносуспензий биогумуса и угля, увеличение относительно аналогичных суспензий в обычной форме составило 21,4 и 41,5 % соответственно. Применение наноструктурного угля по фону с диатомитом и $N_{60}P_{60}K_{60}$ по сравнению с макросуспензией увеличило массу корней на 6,2 %.

Совместное использование минеральных удобрений и диатомита при внесении в почву положительно отразилось на длине и количестве зерен колоса, массе 1000 зерен, биомассе растений. По всем перечисленным показателям налицо преимущество ультрадисперсных суспензий.

По данным ФГБУ Госсорткомиссии сорт ярового ячменя Прерия отнесен к ценным по качеству. Ячмень имеет сложный химический состав, который зависит от сорта, района произрастания, метеорологических и почвенных условий, массового соотношения отдельных частей зерна. Ячмень состоит на 80–88 % из сухого вещества и на 12–20 % из воды. Сухое вещество представляет собой сумму органических и неорганических веществ. Органические вещества — это в основном углеводы и белки, а также жиры, полифенолы, органические кислоты, витамины и другие вещества. Неорганические вещества – это фосфор, сера, кремний, калий, натрий, магний, кальций, железо, хлор. Некоторая часть их связана с органическими соединениями. Ячменное зерно

содержит в среднем 2–3 % зольных элементов, оксидов элементов минерального питания растений [12–15]. Содержание золы в зерне в опыте составляло от 2,6 до 3,5 %. Дополнительное внесение в почву диатомита благоприятно отразилось на накоплении минеральных элементов в зерне (табл. 2).

Таблица 2

Влияние предпосевной обработки семян ячменя
на химический состав зерна, %

Вариант	Зола	Азот	Белок	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	2,6	1,59	10,1	0,76	0,43
2	2,8	2,04	10,8	0,78	0,55
3	3,0	2,12	12,1	0,78	0,54
4	3,0	2,16	11,0	0,80	0,52
5	2,9	2,19	12,2	0,85	0,59
6	3,1	2,20	12,4	0,87	0,60
7	3,0	2,20	11,8	0,82	0,57
8	2,8	1,82	10,2	0,80	0,50
9	3,1	1,90	11,1	0,87	0,58
10	3,2	2,0	11,3	0,85	0,57
11	3,0	2,0	11,0	0,87	0,55
12	3,5	2,10	11,6	0,89	0,65
13	3,4	2,30	12,8	0,94	0,65
14	3,1	2,10	11,7	0,87	0,60
НСР ₀₅	1,79	1,61	2,49	1,61	1,56

По фону с минеральными удобрениями варианты с предпосевной обработкой семян наносуспензией биогумуса способствовали накоплению зольных элементов до 3,1 %. Дополнение диатомита в почву увеличило содержание золы в этом варианте до 3,4 %. Максимальное накопление элементов в зерне в варианте с использованием наносапропеля – 3,5 %. Прибавка к фону N₆₀P₆₀K₆₀ составила 0,9 %.

Содержание азота в зерне ячменя от 1,6 до 2,3 %, а белковых веществ от 10,1 до 12,8 %. По фонам разница в содержании азота и белка незначительна. Содержание белка в зерне находится в тесной зависимости от содержания азота и зависит от его данных. Прослеживалась тенденция увеличения содержания элементов в вариантах с использованием наноструктурного биогумуса. Увеличение белка по сравнению с фоном минеральных удобрений и диатомита составила 2,6 %. Относительно использования макроаналога содержание белка выше на 1,5 %. Пивоваренный ячмень характеризуется меньшим содержанием

белка в зерне. При оценке сортов ячменя для пивоварения нужно говорить не о количестве белка, а о его качестве. И.М. Коданев [12] указывает на оптимум содержания белка в пивоваренном ячмене – 9,5–10,0 %, однако не исключает возможности получать пиво хорошего качества и при белковости 11–12 % и даже более. Т.В. Горпинченко, З.Ф. Аниканова [13] на основании результатов многолетнего сортоиспытания делают вывод, что содержание белка в ячмене до 13 % может быть приемлемым для его использования в пивоварении. Из полученных данных по опыту можно сказать, что использование наноструктурных суспензий для предпосевной обработки семян благоприятствовало увеличению содержания белка в ячмене, не снижая пивоваренного качества.

Содержание фосфора в зерне было обусловлено как внесением комплексных минеральных удобрений, так и диатомита. Используя удобрения в виде фона и органо-минеральных суспензий, содержание фосфора в зерне ячменя составило 0,76–0,94 %. Тенденция к повышению элемента в зерне прослеживалась в варианте с использованием нанобиогумуса (0,94 %). Увеличение элемента относительно минерального фона составило 0,14 %, макроаналога – 0,1 %. Исходное содержание подвижного фосфора в почве соответствовало среднему – 140 мг/кг.

Потребность в калии одинакова во все периоды роста растений. Содержание калия в зерне также зависело от внесения минеральных удобрений – в варианте внесения диатомита в сочетании с комплексными минеральными удобрениями оно было наибольшим – 0,43–0,65 %. Аналогичная с фосфором динамика роста отмечена и по содержанию калия. Прослеживалась тенденция к увеличению содержания элемента по фону с диатомитом и $N_{60}P_{60}K_{60}$. По вариантам опыта преимущество по содержанию K_2O на стороне использования ультрадисперсных суспензий – количество элемента составило 0,65 %. Сравнительно с обычными суспензиями и фоном, увеличение на 0,08–0,15 % соответственно. Содержание калия в составе сапропеля и биогумуса, использование их для предпосевной обработки в виде наноструктурных суспензий, способствовали максимальному проникновению в растения, обеспечивая подобный результат.

Выявлено стимулирующее влияние биогумуса и сапропеля в наноструктурных формах на движение основных элементов питания (азот, фосфор, калий) в системе почва – растения, о чем свидетельствует содержание элементов в зерне.

Органические и органо-минеральные удобрения и их наноконпозиты для обработки семян в качестве дополнения к основным фоновым удобрениям и диатомиту показали свою эффективность по сравнению с необработанными семенами. Предположительно, действие органического вещества удобрения, его растворимость в воде, выделение в раствор гуминовых веществ и микроэлементов в комплексе способствовали повышению усвоения питательных веществ, улучшению развития ячменя и хозяйственно ценных показателей. Ультрадисперсные суспензии как биокатализаторы повысили количество и качество сельскохозяйственной продукции.

Список литературы

1. Кудряшов А.В. Эффективность применения диатомита, кремниевых комплексов на его основе и минеральных удобрений при возделывании сахарной свеклы в условиях Среднего Поволжья: автореф. дис. ... канд. сельхоз. наук. – Казань, 2013. – 19 с.
2. Бочарникова Е.А., Матыченков В.В., Матыченков И.В. Кремниевые удобрения и мелиоранты: история изучения, теория и практика применения // *Агрохимия*. – 2011. – № 7. – С. 84–96.
3. Козлов А.В., Куликова А.Х., Яшин Е.А. Роль и значение кремния и кремнийсодержащих веществ в агроэкосистемах // *Вестник Мининского университета*. – 2015. – № 2. – С. 23.
4. Обзор рынка диатомита в СНГ. – М.: Инфолайн, 2011. – 131 с.
5. Самсонова Н.Е. Роль кремния в формировании фосфатного режима дерново-подзолистых почв // *Агрохимия*. – 2005. – № 8. – С. 11–18.
6. Оценка действия биогумуса и сапропеля и их наноструктурных аналогов на урожайность и качество гречихи / И.М. Суханова, А.А. Лукманов, А.Х. Яппаров, Р.Р. Газизов // *Агрохимический вестник*. – 2018. – № 6. – С. 49–52.
7. Получение удобрений на основе водорастворимых гуминовых кислот и их влияние на сельскохозяйственные растения / О.Н. Кобланова [и др.] // *Новости науки Казахстана*. – 2008. – Вып. 2. – С. 133–138.
8. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Колос, 1986. – 280 с.
9. Действие органо-минеральных суспензий и наносуспензий на структуру урожая и содержание зольных элементов / И.М. Суханова, И.А. Яппаров, Р.Р. Газизов, Л.М.-Х. Биккинина, В.В. Сидоров, Г.Х. Нуртдинова // *Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Химическая технология и биотехнология*. – 2018. – № 2. – С. 23–34.
10. Оценка качественных показателей зерна при использовании природных удобрений и их наноаналогов / И.М. Суханова, И.А. Яппаров, Р.Р. Газизов, Л.М.-Х. Биккинина, Г.Х. Нуртдинова // *Вестник Пермского нацио-*

нального исследовательского политехнического университета. Химическая технология и биотехнология. – 2018. – № 4. – С. 47–58.

11. Казаков Е.Д. Методы оценки качества зерна. – М.: Агропромиздат, 1987. – С.73.

12. Коданев И.М. Влияние условий возделывания на урожай и пивоваренные качества ячменя. – Горький, 1958. – 327 с.

13. Горпинченко Т.В., Анканова З.Ф. Качество ячменя для пивоварения // Пиво и напитки. – 2002. – № 1. – С. 18–22.

14. Удобрения из минерального и органического сырья и их агрохимическая эффективность / Л.Л. Убугунов [и др.]. – Улан-Удэ: Изд-во БГСХА им. В.Р. Филиппова, 2013. – 353 с.

15. Шеуджен А.Х. Биогеохимия. – Майкоп: Адыгея, 2003. – 1028 с.

References

1. Kudriashov A.V. Effektivnost' primeneniia diatomita, kremnievykh kompleksov na ego osnove i mineral'nykh udobrenii pri vozdelevanii sakharnoi svekly v usloviakh Srednego Povolzh'ia [Effectiveness of diatomite, silicon complexes based on it and mineral fertilizers in the cultivation of sugar beet in the Middle Volga region]. Abstract of Ph. D. thesis, Kazan, 2013, 19 p.

2. Bocharnikova E.A., Matychenkov V.V., Matychenkov I.V. Kremnievykh udobrenii i melioranty: istoriia izucheniia, teoriia i praktika primeneniia [Silicon fertilizers and meliorants: history of study, theory and practice of application]. *Agrokhiimiia*, 2011, no.7, pp. 84-96.

3. Kozlov A.V., Kulikova A.Kh., Iashin E.A. Rol' i znachenie kremniia i kremniisoderzhashchikh veshchestv v agroekosistemakh [Role and significance of silicon and silicon-containing substances in agroecosystems]. *Vestnik Mininskogo universiteta*, 2015, no.2, pp. 23.

4. Obzor rynka diatomita v SNG [Overview of the diatomite market in the CIS]. Moscow: Infomain, 2011, 131 p.

5. Samsonova N.E. Rol' kremniia v formirovanii fosfatnogo rezhima dernovopodzolistykh pochv [The role of silicon in the formation of the phosphate regime of sod-podzolic soils]. *Agrokhiimiia*, 2005, no.8, pp. 11-18.

6. Sukhanova I.M., Lukmanov A.A., Iapparov A.Kh., Gazizov R.R. Otsenka deistviia biogumusa i saptopelia i ikh nanostrukturnykh analogov na urozhainost' i kachestvo grechikhi [Evaluation of the effect of biohumus and saptopel and their nanostructured analogues on the yield and quality of buckwheat]. *Agrokhimicheskii vestnik*, 2018, no.6, pp. 49-52.

7. Koblanova O.N. i dr. Poluchenie udobrenii na osnove vodorastvorimykh guminovykh kislot i ikh vliianie na sel'skokhoziaistvennye rasteniia [Obtaining fertilizers based on water-soluble humic acids and their effect on agricultural plants]. *Novosti nauki Kazakhstana*, 2008, Vol.2, pp. 133 – 138.

8. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta [Methods of field experience]. Moscow, Kolos, 1986, 280 p.

9. Sukhanova I.M., Iapparov I.A., Gazizov R.R., Bikkinina L.M.-Kh., Sidorov V.V., Nurtdinova G.Kh. Deistvie organo-mineral'nykh suspenzii i nanosuspenzii na strukturu urozhaia i sodержanie zol'nykh elementov [The effect of organo-mineral suspensions and nanosuspensions on the structure of yield and content of ash elements]. *Vestnik PNIPU*, 2018, no.2, pp.23-34.

10. Sukhanova I.M., Iapparov I.A., Gazizov R.R., Bikkinina L.M.-Kh., Nurtdinova G.Kh. Otsenka kachestvennykh pokazatelei zerna pri ispol'zovanii prirodnykh udobrenii i ikh nanoanalogov [Evaluation of quality indicators of grain with the use of natural fertilizers and their nonanalogous]. *Vestnik PNIPU*, 2018, no.4, pp. 47-58.

11. Kazakov E.D. Metody otsenki kachestva zerna [Methods of grain quality assessment]. Moscow: Agropromizdat, 1987, pp.73.

12. Kodanov I.M. Vliianie uslovii vozdeystviia na urozhai i pivovarennye kachestva iachmenia [Influence of cultivation conditions on the yield and brewing qualities of barley]. *Gor'kii*, 1958, 327 p.

13. Gorpichenko T.V., Anikanova Z.F. Kachestvo iachmenia dlia pivovareniiia [Quality of barley for brewing]. *Pivo i napitki*, 2002, no.1, pp. 18–22.

14. Ubugunov L.L. i dr. Udobreniia iz mineral'nogo i organicheskogo syr'ia i ikh agrokhimicheskaia effektivnost' [Fertilizers from mineral and organic raw materials and their agrochemical efficiency]. Ulan-Ude: Izd-vo BGSKhA im. V.R. Filippova, 2013, 353 p.

15. Sheudzhen A.Kh. Biogeokhimiia [Biogeochemistry]. Maikop, GURIPP «Adygeia», 2003, 1028 p.

Получено 08.04.2020

Об авторах

Суханова Ирина Михайловна (Казань, Россия) – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, ученый секретарь, Татарский НИИАХП – обособленное структурное подразделение ФИЦ КазНЦ РАН (420059, г. Казань, ул. Оренбургский тракт, 20а, e-mail: 1086ab@ Rambler.ru).

Прищепенко Елена Александровна (Казань, Россия) – кандидат сельскохозяйственных наук, руководитель, Татарский НИИАХП – обособленное структурное подразделение ФИЦ КазНЦ РАН (420059, г. Казань, ул. Оренбургский тракт, 20а, e-mail: niiaxp2@mail.ru).

Газизов Расим Рашидович (Казань, Россия) – кандидат сельскохозяйственных наук, заместитель руководителя, Татарский НИИАХП – обособленное структурное подразделение ФИЦ КазНЦ РАН (420059, г. Казань, ул. Оренбургский тракт, 20а, e-mail: niiaxp2@mail.ru).

Биккинина Лилия Мухаммед Харисовна (Казань, Россия) – кандидат сельскохозяйственных наук, заведующая лабораторией, ведущий научный сотрудник, Татарский НИИАХП – обособленное структурное подразделение ФИЦ КазНЦ РАН (420059, г. Казань, ул. Оренбургский тракт, 20а, e-mail: niiaxp2@mail.ru).

Ильясов Марс Магсумович (Казань, Россия) – кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, Татарский НИИАХП – обособленное структурное подразделение ФИЦ КазНЦ РАН (420059, г. Казань, ул. Оренбургский тракт, 20а, e-mail: niiaxp2@mail.ru).

About the authors

Irina M. Sukhanova (Kazan, Russian Federation) – Ph.D. in Biological Sciences, Leading Scientific Researcher, Scientific Secretary, Tatar Scientific Research Institute of Agrochemistry and Soil Science, FRC Kazan Scientific Center, Russian Academy of Sciences (20a, Orenburg tract, Kazan, 420059, e-mail: niiaxp2@mail.ru).

Elena A. Prishchepenko (Kazan, Russian Federation) – Ph.D. in Agricultural Sciences, leader, Tatar Scientific Research Institute of Agrochemistry and Soil Science, FRC Kazan Scientific Center, Russian Academy of Sciences (20a, Orenburg tract, Kazan, 420059, e-mail: niiaxp2@mail.ru).

Rasim R. Gazizov (Kazan, Russian Federation) – Ph.D. in Agricultural Sciences, deputy head, Tatar Scientific Research Institute of Agrochemistry and Soil Science, FRC Kazan Scientific Center, Russian Academy of Sciences (20a, Orenburg tract, Kazan, 420059, e-mail: niiaxp2@mail.ru).

Lilia M.-H. Bikkinina (Kazan, Russian Federation) – Ph.D. in Agricultural Sciences, Head of Laboratory, Leading Researcher, Tatar Scientific Research Institute of Agrochemistry and Soil Science, FRC Kazan Scientific Center, Russian Academy of Sciences (20a, Orenburg tract, Kazan, 420059, e-mail: niiaxp2@mail.ru).

Mars M. Ilyasov (Kazan, Russian Federation) – Ph.D. in Agricultural Sciences, Leading Researcher, Tatar Scientific Research Institute of Agrochemistry and Soil Science, FRC Kazan Scientific Center, Russian Academy of Sciences (20a, Orenburg tract, Kazan, 420059, e-mail: niiaxp2@mail.ru).