

и, если на гречихе более существенное увеличение отмечали при внесении удобрения в дозе 5 т/га – 29,8%, то на яровой пшенице – при меньшей дозе угля – 10,3%.

2. Влияние изучаемых удобрений на базальное дыхание и микробную биомассу в ризосфере гречихи и яровой пшеницы

Вариант	Гречиха		Яровая пшеница	
	Базальное дыхание CO ₂ , мг/ 100г·24 ч	C _{mic} , мг/100 г почвы	Базальное дыхание CO ₂ , мг/ 100г·24ч	C _{mic} , мг/100г почвы
1. Контроль, без удобрений	24,4	31,0	20,0	55,8
2. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ – фон	19,2	26,2	21,2	53,6
3. Фон + бурый уголь, 1 т/га	21,4	27,6	20,6	59,1
4. Фон + бурый уголь, 5 т/га	24,9	34,0	19,2	56,7
5. Фон + обработка семян УДУ – 1,25 кг на н.в. семян на 1 га	23,1	29,0	18,5	57,5
6. Фон + обработка семян УДУ – 0,25 кг на н.в. семян на 1 га	20,1	34,2	22,0	53,6
7. Фон + обработка семян УДУ – 1,25 кг на н.в. семян на 1 га + некорн. подкормка УВГС	25,8	34,1	17,7	60,9
8. Фон + обработка семян УДУ – 0,25 кг на н.в. семян на 1 га + некорн. подкормка УВГС	27,0	34,9	17,6	55,2

Увеличение микробной биомассы влияло и на количество выделившегося диоксида углерода. Наиболее активное базальное дыхание наблюдали каждый год

исследований в вариантах с внесением угля в почву и при комплексной обработке семян УДУ и УВГС.

Выводы. Результатами исследований установлено, что бурый уголь и глауконит в обычном и ультрадисперсном виде при внесении в почву, обработке семян и листовой подкормке увеличивали урожайность культур по сравнению с фоном. Наибольшая прибавка зерна гречихи (20%) и яровой пшеницы (17,5%) получена при внесении их в почву в дозе 5 т/га и обработке семян, 1,25 кг на гектарную норму высева, в сочетании с листовой подкормкой УВГС. Отмечено положительное влияние изучаемых вариантов на микробиоценоз и некоторые агрохимические показатели почвы.

Литература

1. Белопухова, Ю. Даешь угля на поля // Арсентьевские вести. – 15 апреля 2004. – №16(579).
2. Жеребцов С.И., Исмаилов З.Р., Неверова О.А., Корникова Н.А., Соколов Д.А. Гуминовые вещества бурых углей и перспективы их применения в рекультивации техногенно нарушенных земель // Разработка комплекса технологий рекультивации техногенно нарушенных земель: материалы Всероссийской научной конференции (Кемерово, 10 – 12 ноября, 2011г.). – Кемерово, 2011. – С.20 – 23.
3. Жеребцов С.И., Малышенко Н.В., Лыриков С.Ю. и др. Функциональный состав гуматов бурого угля и их стимулирующая активность // Междунар. научно-практ. конф. Комплексный подход к использованию и переработке угля. – Душанбе, 2013. – С. 96 – 97.
4. Кобланова О.Н. и др. 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.
5. Рудмин М.А. О возможности использования в сельском хозяйстве глауконита из пород Бакчарского месторождения/ М.А. Рудмин и др. // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2016. – Т. 327. – № 11. – С. 6 – 16.
6. Яковлева Е.А., Бакалов А.Н. Глауконит как потенциальное местное удобрение на Кубани // Научный журнал Кубанского ГАУ. – 2012 – №82(08). – С. 1–8.

INFLUENCE OF BROWN COAL AND GLAUCONITE APPLICATION ON SOIL FERTILITY AND CROP YIELD

R.R. Gazizov, I.M. Sukhanova, E.A. Prishchepenko, L.M.-Kh. Bikkina, I.A. Degtyareva, M.M. Ilyasov
Tatar Research Institute of Agricultural Chemistry and Soil Science, Orenburg tr. 20a, 420059 Kazan, Russia,
e-mail: niixp2@mail.ru

The results of two years of research in the greenhouse trial with buckwheat and spring wheat to study the effects of various forms of brown coal, glauconite and their application practices are presented. The increase in crop yields averaged over two years up to 18.5%. The greatest responsiveness of crops was noted under the application of brown coal fertilizer and a combination of pre-sowing seed treatment and foliar fertilizing in ultrafine form. An increase in microbial biomass and an increase in respiratory activity were established; a positive effect on some agrochemical parameters of the soil was noted.

Key words: brown coal, glauconite, UVGS, productivity, ultrafine coal, agrochemical parameters, microbiocenosis.

УДК 631.81:53

ТОЧНАЯ СИСТЕМА УДОБРЕНИЯ И ОПТИМИЗАЦИЯ АГРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВЫ

**Ж.А. Иванова, к.с.-х.н., ФГБНУ АФИ, А.А. Конашенков, д.с.-х.н., КХ «Прометей»,
Е.А. Конашенков, ФГБНУ СЗЦППО
ivanovai2009@yandex.ru. Тел.: +7 (911) 082-57-81
E-mail: alkonashenkov@yandex.ru. Тел.: +7 (911) 361-90-36
E-mail: 2902438@mail.ru
195220, Санкт-Петербург, Гражданский просп., д. 14**

Проанализированы данные пятилетнего полевого опыта, заложенного в овощном севообороте в 2007 г. в Гдовском районе Псковской области на контрастной структуре почвенного покрова в форме мозаики литогенного происхождения. Одной из целей исследования была оценка изменений агрофизических свойств дерново-подзолистых почв различного гранулометрического состава и уровня окультуренности под действием зональной (ЗСУ) и точных (ТСУ) органоминеральных систем удобрения. Почвы опыта характеризовались гранулометриче-

ским составом от песчаного до среднесуглинистого, окультуренностью – от слабой до хорошей; pH_{KCl} 4,34-6,35, содержание гумуса – 0,92-2,50 %, подвижных соединений фосфора – 125-550 и калия – 22-400 мг/кг. Схема опыта, наряду с неудобренным контролем, включала три варианта органоминеральной системы удобрения. В варианте ЗСУ известковые, органические и минеральные удобрения вносили равномерно, исходя из средних показателей почвенных свойств и планируемой урожайности. В варианте ТСУ-2 аналогичное ЗСУ количество удобрений распределено дифференцированно, исходя из фактических свойств почвенной разности. В варианте ТСУ-1 перед закладкой опыта выполнено точное окультуривание слабоокультуренных почвенных разновидностей. Установлено значительное преимущество вариантов точной системы удобрения по показателям агрономической эффективности и степени снижения пространственной вариабельности продуктивности овощного севооборота. Прибавка продуктивности относительно контроля достигла 115-122 % относительно варианта ЗСУ – 10-14 %. Её пространственная вариабельность снилась с 36 % на контроле и 19 % в ЗСУ до 9 % в вариантах ТСУ-1 и ТСУ-2. Уровень положительного влияния систем удобрения на физические свойства почвы зависел от доз удобрений и исходных свойств почвы. Наиболее существенные позитивные изменения наблюдали в варианте с предварительным прецизионным окультуриванием почвы. Среднее увеличение доли фракций физической глины достигло 1,5 % (у слабоокультуренного вида 2 %), макроструктурных агрегатов – 11 % (у слабоокультуренного вида 23,7 %), уменьшение средней плотности – 0,11 г/см³.

Ключевые слова: почвенная структура, физические свойства почвы, севооборот, система удобрения, точная система удобрения.

DOI: 10.25680/S19948603.2020.117.11

К числу предпосылок для перехода к точным системам удобрения относятся не только более высокая их агрономическая эффективность, зависящая от уровня пестроты плодородия почвы [1-3] и биологических особенностей сельскохозяйственных культур [4, 5], но и способность к улучшению свойств почвы, включая уменьшение пространственной вариабельности последних [6]. Это одна из серьёзных проблем земледелия Нечерноземья, имеющая негативные экономические и экологические последствия: удорожание производственных технологий, увеличение непродуктивных потерь питательных веществ почвы и удобрений, снижение качества продукции и др. [6-8]. И хотя высокая неоднородность может носить как естественное [9-11], так и антропогенное [12-13] происхождение, её преодоление – одна из главных задач точных систем удобрения [3-6].

В нашей стране опыт использования точных систем удобрения пока небольшой. Имеющаяся научная информация посвящена в основном вопросам методологического и информационного обеспечения [14-16], а также агроэкономической эффективности [1, 4-6]. Трансформация же более консервативных, агрофизических, показателей почвенного плодородия, тоже зависящих от систем удобрения [17, 18], остаётся малоизученной, несмотря на то, что их роль в формировании урожая часто носит лимитирующий характер [19].

Цель исследований – оценить параметры изменения комплекса агрофизических свойств литогенной мозаики дерново-подзолистых почв под действием точных органоминеральных систем удобрения овощного севооборота.

Методика. Методической основой исследования служил пятилетний модельно-полевой опыт, выполненный в опорном пункте АФИ, КХ «Прометей» Гдовского района Псковской области. Опыт закладывали в 2007 г. в полиэтиленовых сосудах без дна площадью 1 м² с искусственно сформированной в них верхней частью профиля дерново-слабоподзолистой почвы разных гранулометрического состава и окультуренности: А_{пах.} – 0-22 см и А_{2В} – 22-40 см. Набором сосудов из элементарных почвенных контуров формировалась контрастная по физическим свойствам почвенная структура в виде литогенной мозаики (табл. 1).

Агрохимические свойства почвенных разностей здесь варьировали по показателю pH_{KCl} в пределах 4,34-6,35 (среднее 5,40 ед.), содержанию гумуса (по Тюрину) – 0,92-2,50 % (среднее 1,72 %), подвижных соединений фосфора (по Кирсанову) – 125-550 мг/кг (среднее 390 мг/кг) и калия (по Кирсанову) – 22-400 мг/кг (среднее 209 мг/кг).

1. Исходное агрофизическое состояние почвы модельно-полевого опыта

Вид и разновидность почвы		Агрофизические свойства почвы					
Окультуренность	Гранулометрический состав	содержание фракций, %		содержание агрегатов, 0,25-10 мм, %	плотность средняя	плотность твёрдой фазы	пористость, %
		<0,01 мм	<0,001 мм				
		Хорошая	Песчаный		6,5		
Супесчаный	12,2		1,7	80,2	1,33	2,69	51
Легкосуглинистый	22,7		3,3	89,6	1,16	2,58	55
Среднесуглинистый	32,0		11,1	74,3	1,25	2,58	52
Слабая	Песчаный	4,8	0,6	18,0	1,44	2,76	48
	Супесчаный	11,9	1,0	73,3	1,41	2,73	48
	Легкосуглинистый	22,2	2,9	58,5	1,27	2,61	51
	Среднесуглинистый	32,5	8,9	74,0	1,32	2,68	51
Среднее по структуре		18,1	3,9	62,5	1,32	2,67	51
Коэффициент вариации, %		60	101	38	7	3	5

В сосудах последовательно возделывали культуры овощного севооборота (редька чёрная, картофель, свёкла столовая, капуста белокочанная, морковь столовая) на фоне зональной (ЗСУ) и двух вариантов точной (ТСУ-1 и ТСУ-2) органоминеральных систем удобрения. В варианте ЗСУ дозы удобрений были едиными по элементарной структуре почвенного покрова и определялись её средневзвешенными свойствами и планируемой урожайностью культур: редька чёрная (30 т/га) – известь, 4,5 т/га + N₉₅P₂₀K₁₂₅; картофель (40 т/га) – навоз, 45 т/га + N₁₀₀P₃₀K₉₀; свёкла столовая (50 т/га) – N₁₃₀P₅₀K₁₅₀; капуста белокочанная (60 т/га) – известь, 2,1 т/га + навоз, 50 т/га + N₂₀P₁₀K₉₀; морковь (50 т/га) – N₁₀₀P₅₀K₁₃₀.

В варианте ТСУ-1 открытию ротации севооборота предшествовало точное (с учётом свойств каждой почвенной разновидности) окультуривание почвы, рассчитанное на формирование оптимальных параметров, преимущественно, агрохимических свойств. Применительно к изучаемой элементарной структуре почвенного покрова дозы мелиорантов и удобрений варьировали: известь – 0-20 т/га, торф низинный – 0-900 т/га, P_2O_5 в форме фосфоритной муки – 0-750 кг/га, K_2O в форме сульфата калия – 0-1710 кг/га. Дозы мелиорантов и удобрений рассчитывали, исходя из доведения соответствующих свойств почвы до хорошо окультуренных параметров с учётом зональных нормативов затрат их изменения у разных разновидностей. В последующем дозирование велось равномерно, но с учётом произошедших изменений в свойствах окультуриваемых почв. В варианте ТСУ-2 дозы удобрений определяли с учётом свойств каждой почвенной разновидности в отдельности, но в целом за ротацию севооборота они были идентичными варианту ЗСУ.

Повторность в опыте четырёхкратная. Определение комплекса физических и агрофизических свойств выполнено по завершении эксперимента с использованием стандартизованных и общепринятых методик [20]. Статистическую обработку полученных данных урожайности проводили дисперсионным методом, агрофизических свойств почвы – расчётом стандартного отклонения и коэффициента вариации свойств с использованием программного обеспечения Microsoft Office Excel 2007.

Результаты и их обсуждение. Изучаемые варианты системы удобрения существенно различались по агрономической эффективности. При одинаковых затратах действующего вещества удобрений за ротацию прибавка продуктивности севооборота на фоне ЗСУ составила 95, а на фоне ТСУ-2 – 115 % при окупаемости 1 кг NPK 9,9 и 12,0 з.е. соответственно (рис.). В варианте опыта с точным окультуриванием почвы (ТСУ-1) общие затраты удобрений были значительно больше, что и предопределило рост продуктивности севооборота на 122 %, но снижение окупаемости 1 кг NPK до 3,9 з.е. При оценке окупаемости действующего вещества без учёта затрат на окультуривание слабоокультуренных почв её значение здесь достигло 14,8 з.е. Заметное превосходство (на 23 %) данного показателя даже относительно варианта ТСУ-2 ещё раз подтверждает особо важную роль окультуривания дерново-подзолистых почв при возделывании овощных культур.

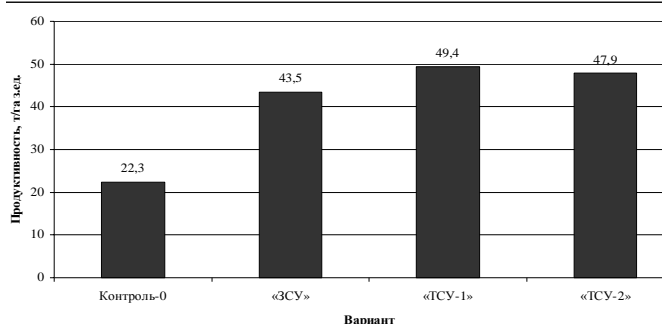


Рис. Агрономическая эффективность систем удобрения овощного севооборота ($NCP_{05} = 2,07$ т/га з.е.)

На фоне удобрений коэффициент вариации продуктивности севооборота по элементарным почвенным

контурам снизился с 32 % на контроле до 16 % в варианте ЗСУ и 9 % в вариантах ТСУ-1 и ТСУ-2.

Преимущество вариантов точной системы удобрения относительно их агрономической эффективности наблюдалось на всех культурах севооборота и почвенных разновидностях [2]. Что касается параметров воздействия на агрофизические свойства почвы, то они сильно зависели от доз удобрений и особенностей исходных показателей последних.

Наиболее существенные позитивные изменения относятся к варианту ТСУ-1, в котором применяли высокие дозы органических и известковых удобрений. Они заметны даже по трансформации одного из самых стабильных физических свойств почвы – гранулометрического состава (табл. 2). И хотя за пятилетний период он не претерпел коренных изменений (структура почвенного покрова в целом продолжала относиться к пылевато-песчаной супеси), тем не менее содержание в почве фракций физической глины увеличилось на 1,5 %, в том числе илистых частиц – на 0,9 %. В почве элементарных контуров с песчаными и супесчаными разновидностями возросла и доля фракций пыли. Вполне ожидаемо, изменения затронули в большей степени слабоокультуренные почвы, содержание в которых физической глины увеличилось на 2,0, а ила – на 1,2 %. Связано это с применением высоких доз торфа и навоза, обеспечивших, с одной стороны, поступление в почву значительной массы органических коллоидов, а с другой стороны, усиление биологического выветривания минералов. Известкование почвы при этом способствовало быстрой коагуляции коллоидов. Аналогичные закономерности в ослабленном виде весьма устойчивых тенденций прослеживались и в вариантах ЗСУ и ТСУ-2.

По данным сухого рассева почвы, в конце ротации севооборота высокой долей макроструктурных агрегатов (0,25-10 мм) характеризовались все почвенные разновидности, кроме песчаных. Однако, в составе песчаных и супесчаных почв фракция 0,25-1 мм была представлена, в основном, неагрегированными частицами среднего и крупного песка. Поэтому суглинистые и супесчаные разновидности с одинаковым содержанием макроструктурных агрегатов не могли обладать равными поглотительными свойствами.

Доля агрегатов менее 0,25 мм (пыли) продолжала оставаться господствующей (61,7-81,4%) в составе песчаной почвы и почв слабой и хорошей окультуренности. Достаточно широко она была представлена и в составе слабоокультуренных супесчаных и легкосуглинистых разновидностей (26,3-41,0%).

Следует отметить, что элементарные почвенные контуры структуры почвенного покрова, принципиально различающиеся уровнем окультуренности почвы, по степени оструктуренности разнились всего на 22 отн. %. Это могло стать следствием низкой исходной гумусированности хорошо окультуренного вида почвы, а также значительного содержания трудно поддающейся агрегированию песчаной фракции.

Все три варианта системы удобрения оказали положительное влияние на структурное состояние почвы, но только её слабоокультуренных разновидностей. В среднем по структуре почвенного покрова содержание агрегатов 0,25-10 мм увеличилось в варианте ЗСУ на 10,3 %, ТСУ-1 – на 23,7, ТСУ-2 – на 23,0%. У исходно хорошо окультуренных разновидностей ощутимого оструктуривающего действия системы удобрения не

2. Агрофизические свойства почвы в конце модельно-полевого опыта

Вид и разновидность почвы		Агрофизические свойства почвы					
Окультуренность	Гранулометрический состав	содержание фракций, %		содержание агрегатов, 0,25-10 мм, %	плотность средняя	плотность твёрдой фазы	пористость, %
		<0,01 мм	<0,001 мм				
Контроль – без удобрений							
Хорошая	Песчаный	6,6	1,3	38,3	1,39	2,70	49
	Супесчаный	12,3	1,5	80,5	1,33	2,70	51
	Легкосуглинистый	22,8	3,2	83,5	1,20	2,60	54
	Среднесуглинистый	32,2	10,9	74,3	1,27	2,61	51
Слабая	Песчаный	4,8	0,6	18,4	1,42	2,73	48
	Супесчаный	11,7	0,8	73,4	1,38	2,70	49
	Легкосуглинистый	22,0	2,9	58,8	1,37	2,64	48
	Среднесуглинистый	32,5	8,7	74,3	1,35	2,68	50
Среднее по структуре		18,1	3,7	62,7	1,34	2,67	50
Коэффициент вариации, %		60	105	37	5	2	4
ЗСУ							
Хорошая	Песчаный	7,2	1,9	25,9	1,35	2,66	49
	Супесчаный	12,5	1,6	83,2	1,30	2,60	50
	Легкосуглинистый	21,3	3,0	84,7	1,16	2,52	54
	Среднесуглинистый	32,0	10,3	80,5	1,21	2,50	52
Слабая	Песчаный	5,6	0,6	23,0	1,41	2,75	49
	Супесчаный	11,8	0,8	84,6	1,36	2,70	50
	Легкосуглинистый	21,5	2,6	78,1	1,25	2,61	52
	Среднесуглинистый	33,0	8,5	80,3	1,29	2,64	51
Среднее по структуре		18,1	3,7	67,5	1,29	2,62	51
Коэффициент вариации, %		58	99	40	6	3	3
ТСУ-1							
Хорошая	Песчаный	8,2	2,4	25,9	1,25	2,61	52
	Супесчаный	13,0	1,9	89,1	1,24	2,64	53
	Легкосуглинистый	21,5	3,3	78,8	1,19	2,58	54
	Среднесуглинистый	33,2	11,7	73,8	1,19	2,53	53
Слабая	Песчаный	6,6	1,3	64,8	1,35	2,60	48
	Супесчаный	13,6	1,7	90,9	1,34	2,61	49
	Легкосуглинистый	23,2	3,4	79,8	1,14	2,54	55
	Среднесуглинистый	35,7	11,3	84,1	1,16	2,60	55
Среднее по структуре		19,4	4,6	73,4	1,23	2,59	52
Коэффициент вариации, %		56	94	29	6	1	5
ТСУ-2							
Хорошая	Песчаный	7,5	1,9	35,5	1,37	2,68	49
	Супесчаный	12,8	1,5	78,7	1,30	2,63	51
	Легкосуглинистый	21,4	3,0	83,4	1,19	2,56	54
	Среднесуглинистый	31,7	11,0	84,2	1,22	2,56	52
Слабая	Песчаный	5,6	0,8	76,3	1,39	2,60	47
	Супесчаный	12,0	0,8	84,7	1,34	2,63	49
	Легкосуглинистый	22,8	2,9	71,5	1,25	2,59	52
	Среднесуглинистый	32,9	8,9	84,2	1,27	2,50	51
Среднее по структуре		18,3	3,9	74,8	1,29	2,59	51
Коэффициент вариации, %		57	100	22	6	2	4

наблюдалось. Показатели общих физических свойств почвы (средняя плотность, пористость) тоже имели заметную связь с дозами органических удобрений и извести. В вариантах ЗСУ и ТСУ-2 положительные изменения имели характер тенденции, а в варианте ТСУ-1 были статистически достоверными – плотность почвы уменьшилась на 0,11 г/см³, а общая пористость увеличилась на 3 %.

Исходная пространственная вариабельность агрофизических свойств почвенной структуры была неодинаковой – высокой по гранулометрическому составу и структурному состоянию и низкой по показателям плотности и пористости. Преимущество вариантов точной системы удобрения в части уменьшения мелко-массштабной неоднородности свойств почвы не вызывает сомнения. Так, коэффициент пространственной вариации показателя оструктуренности снизился на 8-15 % (в варианте ЗСУ остался на уровне контроля). Но, как видно из данных таблицы 2, более существенное выравнивание контрастных физических свойств даже на фоне точной системы удобрения потребует не одно пятилетие.

Закключение. На контрастной по физическим свойствам структуре дерново-подзолистой почвы изучаемые варианты органоминеральной системы удобрения обеспечили повышение продуктивности овощного севооборота от 95 до 122 %. Преимущество вариантов точной системы удобрения проявилось как в показателях агрономической эффективности, так и в степени влияния на пространственную вариабельность урожайности сельскохозяйственных культур.

Очевидно, это стало, в том числе, следствием позитивной трансформации свойств почвы. Установлено, что абсолютные показатели изменения весьма консервативных физических свойств последней зависели от внесённых за ротацию доз удобрений и исходных характеристик этих почв. На фоне высоких доз органических удобрений и извести (вариант ТСУ-1) в гранулометрическом составе почвы наблюдалось увеличение доли фракций физической глины на 1,5 %, а илистых частиц – на 0,9 % (у слабоокультуренных разновидностей на 2,0 и 1,2 % соответственно). Доля макроструктурных агрегатов повысилась на 11 % (у слабоокультуренных разновидностей на 23,7 %). В этом варианте системы удобрения отмечены и лучшие показатели оптимизации общих физических свойств почвы – уменьшение средней плотности на 0,11 г/см³ и увеличение общей пористости на 3 %. В вариантах ЗСУ и ТСУ-2 данные изменения носили характер весьма устойчивой тенденции и не имели существенных различий по абсолютной величине.

Общее преимущество вариантов точной системы удобрения – осязаемое уменьшение мелко-массштабной вариабельности свойств почвы.

Литература

1. Афанасьев Р.А. Применение удобрений в технологиях точного земледелия // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2006. – № 5. – С. 32-35.
2. Иванов А.И., Конашенков А.А. Методико-технологические аспекты и результаты оценки точных систем удобрения // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2014. – № 3. – С. 20-24.
3. Якушев В.П., Иванов А.И., Якушев В.В., Конашенков А.А. Реализация системы удобрения в точном земледелии // Земледелие. – 2008. – № 5. – С. 77-85.
4. Иванов А.И., Лапа В.В., Конашенков А.А., Иванова Ж.А. Биологические особенности ответа культур овощного севооборота на

точные системы удобрения // Сельскохозяйственная биология. – 2017. – Т. 52. – № 3. – С. 454-463.

5. Иванов А.И., Иванова Ж.А., Цыганова Н.А. Влияние ландшафтных условий на эффективность точной системы удобрения в звене полевого севооборота // Агрохимия. – 2020. – № 2. – С. 69-76.

6. Научные основы эффективного использования агроэкологического потенциала Северо-Запада России / Под ред. М.В. Архипова. – СПб.-Пушкин, 2018. – 135 с.

7. Фрид А.С. Пространственное варьирование и временная динамика плодородия почв в длительных полевых опытах. – М.: РАСХН, 2002. – 80 с.

8. Иванов А.И., Конашенков А.А. Агроэкологические последствия неравномерного внесения навоза в овощном севообороте // Агрохимия. – 2012. – № 6. – С. 66-72.

9. Шпедт А.А., Пурлаур В.К. Оценка влияния рельефа на плодородие почв и урожайность зерновых культур // Сибирский вестник с.-х. науки. – 2008. – № 10. – С. 5-11.

10. Иванов А.И., Иванова Ж.А., Дубовицкая В.И. Влияние ландшафтных условий на свойства почвенного покрова пахотного угодья на пологом склоне озёрно-ледниковой равнины // Российская сельскохозяйственная наука. – 2019. – № 2. – С. 39-43.

11. Самсонова В.П. Пространственная изменчивость почвенных свойств: на примере дерново-подзолистых почв. – М.: Изд-во ЛКИ, 2008. – 156 с.

12. Иванов А.И., Конашенков А.А., Хомяков Ю.В., Фоменко Т.Г., Федькин И.А. Оценка параметров пространственной неоднородности показателей почвенного плодородия // Агрохимия. – 2014. – № 2. – С. 39-49.

13. Иванов А.И., Конашенков А.А., Федотенков Д.В. Равномерность внесения навоза и пестрота почвенного плодородия // Плодородие. – 2007. – № 2. – С. 16-18.

14. Измайлов А.Ю., Годжаев З.А., Сычёв В.Г., Афанасьев Р.А. Робототехника в агрохимии точного земледелия // Плодородие. – 2018. – № 1 (100). – С. 53-57.

15. Якушев В.П., Дубенок Н.Н., Луян Е.А. Опыт применения и перспективы развития технологий дистанционного зондирования земли для сельского хозяйства // Современные проблемы дистанционного зондирования земли из космоса. – 2019. – Т. 16. – № 3. – С. 11-23.

16. Сычёв В.Г., Афанасьев Р.А., Кирсанов Г.А., Коваленко А.А., Труфанов А.В., Тимохина Ю.И. Возможности дистанционной диагностики минерального питания растений // Плодородие. – 2020. – № 2 (113). – С. 13-17.

17. Иванов А.И., Иванова Ж.А., Фрейдкин И.А. Воспроизводство плодородия дерново-подзолистых почв с использованием нового органоминерального удобрения // Плодородие. – 2014. – № 6 (81). – С. 20-22.

18. Кузнецова И.В. Влияние органического вещества на структуру, сложение и устойчивость почв к деградации физических свойств / Современные проблемы почвоведения. – М., 2000. – С. 423-432.

19. Басевич В.Ф., Тетенькин В.Л. Неоднородность подзолистых почв и пестрополье // Вестник МГУ. – Сер. 17. – 2010. – № 2. – С. 35-42.

20. Ваюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. – М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.

PRECISE FERTILIZER SYSTEM AND OPTIMIZATION OF AGROPHYSICAL SOIL PROPERTIES

Zh.A. Ivanova¹, A.A. Konashenkov², Ye.A. Konashenkov³

¹ Agrophysical Research Institute, Grazhdanskiy pr. 14, 195220 Saint-Petersburg, Russia, e-mail: ivanovai2009@yandex.ru;

² Peasant agriculture "Prometey", 181613 Podoleshye, Russia, e-mail: alkonashenkov@yandex.ru;

³ North-West Center for Interdisciplinary Research in Food Supply Problems, Podbelskogo sh. 7, 196608 Pushkin, Russia, e-mail: 2902438@mail.ru

We analyzed the data of a five-year field experiment, started in 2007 in a vegetable crop rotation in the Gdovsky district of the Pskov region. The soil cover was contrasting, in the form of a mosaic of lithogenic origin. One of the objectives of the study was to assess changes in the agrophysical properties of sod-podzolic soils of various granulometric composition and level of cultivation under the influence of zonal (ZFS) and precise (PFS) organo-mineral fertilization systems. The soils of the experiment were characterized by a granulometric composition from sandy to medium loamy; the cultivation level was from weak to good; pH(KCl) value was 4.34–6.35, the humus content was 0.92–2.50%. The content of mobile phosphorus and potassium compounds was 125–550 mg/kg and 22–400 mg/kg, respectively. The experimental design included non-fertilized control and three variants of the organic and mineral fertilization systems. In the ZFS, lime, organic and mineral fertilizers were applied evenly, based on the average soil properties and the planned yield. In variant PFS-2, the amount of fertilizers equal to ZFS variant was applied differentially, based on the actual properties of the soil plots. In variant PFS-1, we had precisely cultured poorly cultivated soil sites before the experiment was established. Precision fertilization systems were significantly better in terms of agronomic efficiency and the degree of reduction in spatial variability in the vegetable crop rotation productivity. The increase in productivity relative to the control reached 115–122%, relative to the ZFS it was 10–14%. The spatial variability of productivity reduced from 36% in the control and 19% in the ZFS to 9% in PFS-1 and PFS-2 variants. The level of the positive influence of fertilization systems on the physical properties of the soil depended on the doses of fertilizers and the initial properties of the soil. The most significant positive changes were achieved in the variant with preliminary precision soil cultivation. The fraction of physical clay increased on average by 1.5% (in poorly cultivated soil – by 2%), of macrostructural aggregates – by 11% (in poorly cultivated soil – by 23.7%); the average density decreased by 0.11 g/cm³.

Keywords: soil structure; physical properties of soil; crop rotation; fertilization system; precise fertilization system.

УДК 631.416.14 (571.1)

АГРОТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА ПОТРЕБНОСТИ ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР В АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЯХ

В.М. Красницкий¹, д.с.-х.н., И.А. Бобренко², д.с.-х.н., А.Г. Шмидт^{1,2}, О.А. Матвейчик^{1,2}

¹ ФГБУ «ЦАС «Омский» 644012, г. Омск, пр. Королева, 34; E-mail: matvei4ik_oleg@mail.ru

² ФГБОУ ВО Омский ГАУ, 644008, г. Омск, Институтская площадь, 1

Представлены результаты локального мониторинга 1994–2018 гг. на реперных участках, заложенных на землях сельскохозяйственного назначения и архивные материалы крупномасштабного агрохимического обследования. Объектами исследований были культурные растения и почвы: чернозем обыкновенный маломощный малогумусный тяжелосуглинистый, лугово-черноземная среднемощная среднегумусная тяжелосуглинистая почва; солонец лугово-черноземный глубокий малогумусный легкогоглинистый. Исследования особенностей на реперных участках позволили конкретизировать содержание нитратного азота в почве различных типов в зависимости от предшественника и выявить потребность в азотном удобрении для сельскохозяйственных культур в лесостепной зоне. В северной лесостепи практически под всеми культурами, независимо от предшественника, низкий уровень содер-