УДК 631.42:634.1:631.8

DOI 10.30679/2219-5335-2021-4-70-159-177

АГРОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО ПРИ ПРИМЕНЕНИИ БИОМОДИФИЦИРОВАННОГО УДОБРЕНИЯ ПРОЛОНГИРОВАННОГО ДЕЙСТВИЯ В ПЛОДОВОМ САДУ

Сергеева Наталья Николаевна
канд. с.-х. наук
старший научный сотрудник
лаборатории агрохимии
и мелиорации
e-mail: sady63@bk.ru

Ярошенко Олеся Владимировна
канд. с.-х. наук
научный сотрудник
лаборатории экологии почв
e-mail: olesya-yaroshenko@yandex.ru

Черников Евгений Александрович
канд. с.-х. наук
научный сотрудник
лаборатории экологии почв
e-mail: Garden_soil@mail.ru

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия», Краснодар, Россия

Актуальным является поиск специальных агроприемов сохранения биоразнообразия и повышения эффективного плодородия черноземных почв в условиях монокультуры сада. Разработка биотехнологических способов решения проблемы основана на изучении в динамике характера изменения факторов плодородия почвы при применении биоминеральных удобрений пролонгированного действия. В статье изложены результаты агрохимического мониторинга

UDC 631.42:634.1:631.8

DOI 10.30679/2219-5335-2021-4-70-159-177

AGROCHEMICAL INDICES OF CHERNOZEM LEACHED ON APPLICATION OF BIOMODIFIED FERTILIZER OF PROLONGED ACTION IN FRUIT ORCHARD

Sergeyeva Natalya Nikolayevna
Cand. Agr. Sci.
Senior Research Associate
of Agric-chemistry
and Melioration Laboratory
e-mail: sady63@bk.ru

Yaroshenko Olesya Vladimirovna
Cand. Agr. Sci.
Research Associate
of Soil Ecology Laboratory
e-mail: olesya-yaroshenko@yandex.ru

Chernikov Evgeniy Aleksandrovich
Cand. Agr. Sci.
Research Associate
of Soil Ecology Laboratory
e-mail: Garden_soil@mail.ru

Federal State Budget Scientific Institution «North Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, Wine-making», Krasnodar, Russia

The search for special agricultural methods for preserving biodiversity and increasing the effective fertility of chernozem soils in the conditions of monoculture of the orchard is relevant. The development of problem solving biotechnological methods is based on the study of the dynamics of the pattern of changes in soil fertility factors when using show-release biomineral fertilizers. The article presents the results of agrochemical monitoring of leached chernozem in the orchard in connection

чернозема выщелоченного в плодовом саду в связи с внесением биомодифицированного органоминерального удобрения (ОМУ). Основной целью проведения исследований было изучение последействия биоминерального удобрения на почву и генеративную функцию растений яблони сортов селекции СКФНЦСВВ Прикубанское и Ренет Кубанский на подвое СК4. Установлено, что прием применения удобрений не способствовал повышению актуальной кислотности почвы. Значительные различия между вариантами «контроль, без удобрений» и «внесение ОМУ» по показателю общей кислотности почвы также отсутствовали. На фоне внесения ОМУ содержание обменного кальция возросло до значений 26,8-30,1 ммоль/100 г, что, предположительно, создало благоприятные условия для развития аэробных микроорганизмов и поглощения элемента корнями яблони. Выявлена более высокая активность биологического процесса минерализации азота на фоне внесения ОМУ обогащенного культурой ризосферных бактерий. Сформировавшиеся в почве условия способствовали усилению нитрификационной активности почвы. В условиях интенсивной монокультуры содержание подвижного фосфора в почве через шесть лет после закладки опыта снижалось. Более высокие пределы содержания фосфора определены в варианте с внесением удобрений. Для выщелоченного чернозема в условиях монокультуры без внесения удобрений выявлена тенденция к деструкции гумусовых веществ преимущественно в слое почвы 0-20 см. На фоне применения ОМУ содержание гумуса в слое почвы 0-20 см через год и через шесть лет после закладки опыта выше, чем в контрольном варианте на 12,6 и 38,7 % соответственно, что, вероятно связано с содержанием в удобрении гуминовых соединений. Выявленные в динамике

with the application of biomodified organomineral fertilizer. The main aim of the research was to study the aftereffect f biomineral fertilizer on the soil and the generative function of the apple trees varieties Prikubanskoe and Renet Kubanskiy (Scientific Institution "North Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, Wine-making" breeding) on the rootstock SK4. It was found that the use of fertilizers did not contribute to an increase in the actual soil acidity. There were also no significant differences between the variants "control, without fertilizers" and "application of organomineral fertilizer" in terms of total soil acidity. Against the background of the application of organomineral fertilizer, the content of exchangeable calcium increased to values of 26.8-30.1 mmol/100 g, which, presumably, created favorable conditions for the development of aerobic microorganisms and the absorption of the element by the apple tree roots. A higher activity of the biological process of nitrogen mineralization was revealed against the background of the introduction of organomineral fertilizer enriched in the culture of rhizosphere bacteria. The new conditions formed in the soil contributed to the strengthening of the nitrification activity of the soil. Under conditions of intensive monoculture, the content of mobile phosphorus in the soil decreased six years after the experiment establishment. Higher limits of the phosphorus content are defined in the variant with the application of fertilizers. For leached chernozem under monoculture conditions without fertilization, a tendency to the destruction of humic substances was revealed mainly in the soil layer of 0-20 cm. Against the background of the use of organomineral fertilizer, the humus level in the soil layer of 0-20 cm in a year and six after the experiment establishment is higher than in the control variant by 12.6 and 38.7%, respectively, which is probably related to the content of humic compounds in the fertilizer. The changes in the dynamics

почвенно-агрохимических показателей на фоне внесения биомодифицированного ОМУ пролонгированного действия коррелировали с более высоким уровнем урожайности яблони сортов Прикубанское и Ренет Кубанский в сравнении с контрольным вариантом.

of soil and agrochemical indicators against the background of the introduction of show-release biomodified organomineral fertilizer correlated with a higher level of apple trees yield of the Prikubanskoe and Renet Kubanskiy varieties in comparison with the control variant.

Ключевые слова: АНАЛИЗ ПОЧВЫ, МОНИТОРИНГ, МОНОКУЛЬТУРА САДА, БИОМОДИФИЦИРОВАННОЕ УДОБРЕНИЕ

Key words: SOIL ANALYSIS, MONITORING, GARDEN MONOCULTURE, BIOMODIFIED FERTILIZER

Введение. Для монокультуры сада актуальным является поиск биологизированной системы подкормок с использованием органоминеральных удобрений (ОМУ) пролонгированного действия, обеспечивающих постепенное высвобождение питательных веществ и поддержание разнообразия почвенных сообществ, обладающих множеством экосистемных функций [1-5].

Подтверждением актуальности данного направления является тематика публикаций и ежегодных международных научных форумов, рассматривающих проблемы продовольственной безопасности, активного внедрения биологизированных приемов возделывания различных сельскохозяйственных культур, направленных на поддержание баланса микробного сообщества почв и сохранения их продукционного потенциала [6, 7]. Активно обсуждаются вопросы, связанные с перспективами расширения производства биомодифицированных удобрений [8, 9], способы и агроэкологическая эффективность их применения [10-12], взаимодействие с почвой [13, 14], растениями [15-19] и минеральными удобрениями [20].

Основываясь на данных литературных источников, была выдвинута рабочая гипотеза, мотивирующая проведение экспериментальных исследований. Эффективность пролонгированного действия биомодифицированного удобрения в условиях монокультуры связана с функциональными особенностями микробных составов, которые хорошо совместимы с мине-

ральными веществами, оказывают положительное воздействие на продуктивность растений и плодородие почвы.

Основной целью проведения исследований было изучение последействия биологически модифицированного ОМУ на почву и генеративную функцию растений яблони сортов селекции СКФНЦСВВ Прикубанское и Ренет Кубанский на подвое СК4.

Объекты и методы исследований. Полевой опыт по изучению влияния биомодифицированного органоминерального удобрения на динамику агрохимических показателей почвы и продуктивность растений был заложен в 2013 г. До внесения удобрений был проведен анализ общей агрохимической характеристики почвы опытного участка, учеты состояния деревьев по силе развития и диаметру штамба, выявлено количество примесей других сортов и составлен графический план экспериментального участка.

Участок полевого опыта располагался в ОПХ «Центральное» (г. Краснодар) в саду интенсивного типа, 2009 года посадки (рис. 1).

Рис. 1. Опытный участок сада яблони 2009 г. посадки, 2013 г.

Схема размещения деревьев яблони сортов Прикубанское и Ренет Кубанский 4,5 х 1,2 м. Предшественник сада – плантация плодоносящей земляники, оборудованная комплексной системой импульсного дождевания. Почва опытного участка − чернозем выщелоченный (по классификации почв 1977 г.), агрозем структурно-метаморфический (по классификации 2004 г.) [21].

Используемое в опыте биомодифицированное удобрение получено путем механического нанесения на поверхность гранул микробиологического препарата на основе штамма ризосферных бактерий *Bacillus subtilis* Ч-13 «БисолбиФит», что обеспечивает образование, своего рода, «биокапсулы». Попадая в почву, благодаря биомодификатору, удобрительная функция ОМУ сочетается с выработкой микроорганизмами аминокислот, витаминов, гормонов, органических кислот, блокированием развития фитопатогенных микроорганизмов, повышением усвояемости растениями питательных веществ из минеральных удобрений и мобилизации их почвенных запасов [22]. Массовая доля азота в ОМУ 7 %, общих фосфатов − 7 %, калия в пересчёте на K_2O − 8,2 %, магния в пересчёте на Mg_2O − 8,2 %, воды − 7,9 %, гуминовых соединений ($C_{гум.}$) − 2,5 %, микроэлементов (%) – Mo 0,003; Mn 0,07, Cu 0,01, Zn 0,01, B 0,02.

Внесение удобрений осуществляли локально в борозды глубиной 15-18 см на расстоянии 1,0 м от штамба дерева в норме 5,5 т/га однократно в 2014 г. Повторность в опыте шестикратная (дерево-делянка).

Отбор почвенных проб, подготовка образцов к анализу и определение агрохимических показателей проводили с помощью рекомендуемых для данного подтипа почв методик и ГОСТов [23-34]. Взятие почвенных образцов в плодоносящем саду в 2015 и 2020 гг. осуществляли в одни и те же календарные сроки. Точечный отбор проб был проведен буром малого диаметра конструкции С.Ф. Неговелова. Пространственное расположение мест отбора соответствовало определенным ранее, в 2015 г.

Погодные условия при отборе почвы в разные годы имели определенные различия. Так, температура воздуха и количество осадков в 2020 году в период, предшествующий отбору почвы, были значительно выше в сравнении с 2015 годом (рис. 2); температура почвы (пахотный слой) в местах отбора проб была также выше на 0,9-1,3 ºС и составляла 22-24 ºС. В 2015 году отбор почвы в саду проводили через 5 дней после выпадения осадков в количестве 11 мм. В 2020 году почву отбирали через три дня после более обильного выпадения осадков (19 и 21 мм осадков в течение 4 дней).

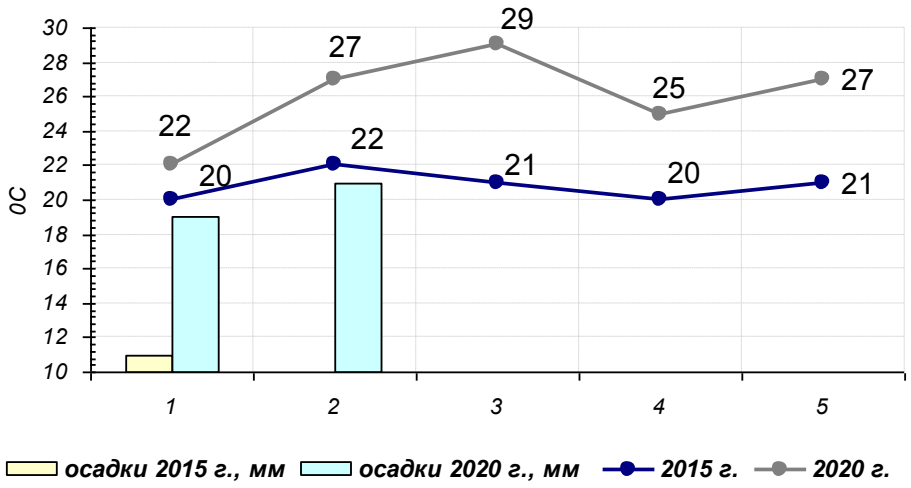


Рис. 2. Температура воздуха и количество осадков в предшествующий отбору образцов почвы период

Обсуждение результатов. Динамику изменения основных показателей плодородия почвы анализировали в горизонте А (0-60 см послойно, через каждые 20 см). Реакцию среды рассматривали в качестве основной составляющей эффективного плодородия черноземной почвы (табл. 1). Через год после закладки опыта изменение актуальной кислотности ($pH_{вод.}$) исследовали в контрольном варианте в сравнении со значениями показателя до закладки опыта, а также сравнивали значение показателя между вариантами «контроль, без удобрений» и «внесение ОМУ». По результатам исследований методом статистического анализа были выявлены наиболее существен-

ные различия между значениями $pH_{вод.}$ в слое почвы 0-40 см до закладки опыта и в контрольным варианте: $НСР_{0,05}$ = *0,10* (0-20 см) и $НСР_{0,05}$ = 0,05 (20-40 см). Значительных различий pH водной суспензии между вариантами «контроль, без удобрений» и «внесение ОМУ» через год после закладки опыта не выявлено. Через шесть лет в варианте с внесением ОМУ и в контрольном варианте значение показателя $pH_{вод.}$ были на уровне значений до закладки опыта, что указывало на отсутствие подкисляющего действия удобрений и продуктов метаболизма ризосферных бактерий.

Таблица 1 – Динамика актуальной кислотности почвы в связи с применением ОМУ

Слой почвы, см	До закладки опыта	Через год после закладки опыта		Через шесть лет после закладки опыта	
		Контроль	Внесение ОМУ	Контроль	Внесение ОМУ
0-20 см	7,24	7,11	7,14	7,20	7,16
$НСР_{0,05}$	*0,10*			*0,10*	
20-40 см	7,19	7,13	7,15	7,22	7,23
$НСР_{0,05}$	*0,05*			*0,04*	
40-60 см	7,18	7,18	7,10		
$НСР_{0,05}$	*0,13*				

Отсутствие существенных различий между вариантами опыта и изменений во времени значений актуальной кислотности потребовало более глубокого анализа общей кислотности почвы в связи с применением биомодифицированного ОМУ, учитывая также регулирующую функцию показателя на реакцию почвенного раствора, имеющего нейтральные значения $pH_{вод.}$ Проведенный анализ гидролитической кислотности почвы ($H_г$), тесно коррелирующей с $pH_{вод.}$ *(r = 0,75-0,90)*, также выявил отсутствие существенности различий между вариантами (по средним значениям) через год после закладки опыта (табл. 2) и через шесть лет. При этом необходимо отметить, что варьирование показателя через год после закладки опыта было более значительным. В слое почвы 40-60 см в контрольном ва-

рианте и при применении удобрений общая кислотность в отдельных образцах почвы достигала значений 3,13 и 3,55 ммоль/100 г соответственно, что, вероятно, связано с корневыми экссудатами в основной корнеобитаемой зоне слаборослой яблони. В 2020 году значения $Н_г$ в варианте без внесения удобрений в слое почвы 0-20 и 20-40 см составляли соответственно 1,86 и 1,98 ммоль/100 г. На фоне внесения удобрений значения показателя не превышали 2,31-2,46 ммоль/100 г (слой почвы 0-20 см) и 1,70-2,25 ммоль/100 г (слой почвы 20-40 см) и диагностировались как «нейтральные» и «близкие к нейтральным» (≤ 3,0 ммоль/100 г).

Таблица 2 − Гидролитическая кислотность почвы в связи с внесением ОМУ, ммоль/100 г

Слой почвы, см	Значения $Н_г$ через год после закладки опыта, $\overline{x}$	
	Контроль, без применения удобрений	Внесение ОМУ
0-20	2,51	2,25
$НСР_{0,05}$	*0,43*	
20-40	2,55	2,31
$НСР_{0,05}$	*0,68*	
40-60	2,45	2,56
$НСР_{0,05}$	*0,25*	

Поэтапно исследовали в динамике суммарное количество поглощенных оснований (табл. 3) и анализировали влияние биомодифицированного ОМУ на показатели, характеризующие поглотительную способность почвы сада.

В слое почвы 0-60 см через год после закладки опыта значительные различия между вариантами по анализируемым показателям отсутствовали. Однако через шесть лет после внесения ОМУ выявлены некоторые изменения в слое почвы 0-20 см. Суммарное количество поглощенных оснований в почве сада на удобренном фоне существенно выше, чем в контрольном варианте. Вместе с тем, в зоне внесения удобрений наблюдалось снижение суммы поглощенных оснований и емкости поглощения. При этом часть общей емкости, приходящаяся на поглощенные основания, возросла.

Таблица 3 – Суммарное количество поглощенных оснований и емкость поглощения почвы в связи с применением ОМУ

Слой почвы, см	Сумма поглощенных оснований, S		Общая емкость поглощения, T		Степень насыщенности основаниями, V	
	ммоль/100 г				%	
	через год после закладки опыта, $\overline{x}$					
	Контроль, без применения удобрений	Внесение ОМУ	Контроль, без применения удобрений	Внесение ОМУ	Контроль, без применения удобрений	Внесение ОМУ
0-20	41,6	42,3	44,1	44,6	94,3	94,8
НСР$_{0,05}$	*0,71*		*1,37*		-	-
20-40	42,6	42,6	45,1	44,9	94,4	94,9
НСР$_{0,05}$	*0,56*		*0,24*		-	-
40-60	41,1	41,5	43,4	44,0	94,7	94,3
НСР$_{0,05}$	*0,58*		*1,71*		-	-
	через шесть лет после закладки опыта, $\overline{x}$					
0-20	40,7	44,4	42,6	46,5	95,5	95,5
НСР$_{0,05}$	*1,20*		*1,02*		-	-
20-40	42,4	41,2	44,4	42,9	95,5	96,0
НСР$_{0,05}$	*1,12*		*1,71*		-	-

Анализируя состав поглощенных оснований, определяли содержание в почве двух вариантов обменных форм кальция и магния, коррелирующих с показателем кислотности *(r=0.69 и r=0,71 соответственно)*. Через год после начала эксперимента содержание кальция в почве контрольного варианта варьировало от 21,53 до 23,93 ммоль/100 г (0-20 см); 22,39-24,18 ммоль/100 г (20-40 см); 23,19-24,78 ммоль/100 г (40-60 см). В варианте с применением органоминеральных удобрений существенных различий в сравнении с «контролем» выявлено не было.

Через шесть лет после закладки опыта в слое почвы 0-20 см в контрольном варианте содержание обменного кальция – одного из важнейших элементов-биофилов − возросло в среднем до 27,1 ммоль/100 г. На фоне внесения ОМУ содержание кальция достигало значений 26,8-30,1 ммоль/100 г, что, предположительно, создало благоприятные условия для развития аэробных микроорганизмов и поглощения элемента корнями яблони.

Содержание обменного магния в слое почвы 0-20 см, выявленное через год и через шесть лет, в двух вариантах опыта оставалось в пределах 5,6-5,9 ммоль/100 г. Вниз по профилю почвы через год после закладки опыта количество магния в вариантах снижалось до 4,17-4,50 ммоль/100 г. Через шесть лет на глубине 20-40 см содержание обменного магния достигало значений 8,2 ммоль/100 г в контрольном варианте и 7,5-10,8 ммоль/100 г в варианте с внесением ОМУ, что может быть вызвано изменением структуры почвы, ее водопроницаемости при системной нагрузке техникой в условиях монокультуры.

Сформировавшиеся в результате внесения ОМУ пролонгированного действия, обогащенного культурой ризосферных бактерий, условия на фоне благоприятных кислотно-основных свойств почвы, способствовали усилению нитрификационной активности, характеризующей обеспеченность усвояемым растениями яблони азотом, в сравнении с контрольным вариантом (рис. 3).

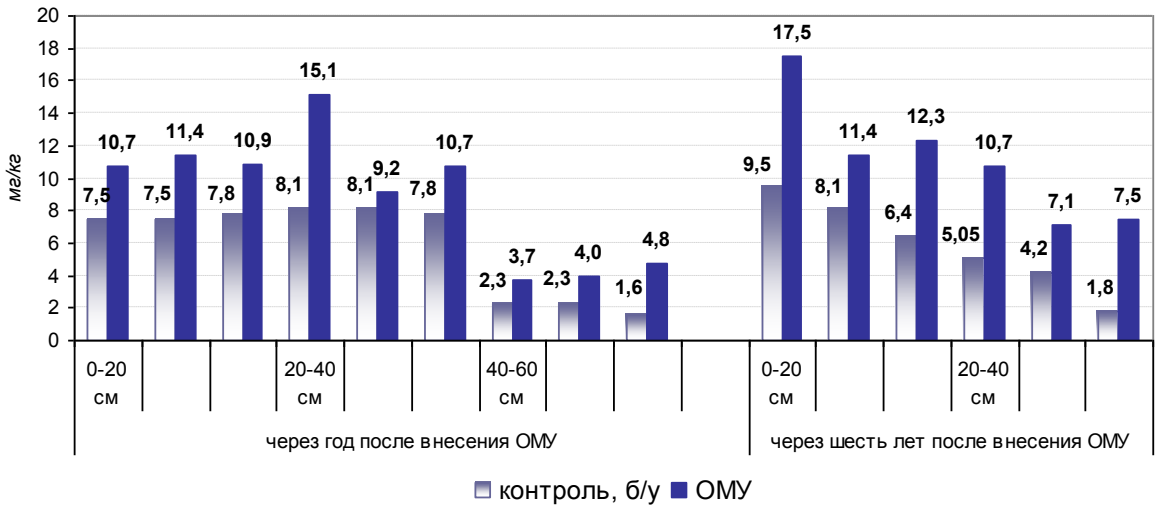


Рис. 3. Нитрификационная способность почвы сада в связи с применением биомодифицированного ОМУ (данные указаны по повторениям вариантов)

Анализ динамики основной части минерального азота в почве сада выявил более высокую активность биологического процесса минерализации азота на фоне внесения ОМУ (табл. 4).

Таблица 4 – Динамика содержания в почве сада нитратного азота и азота обменного аммония, мг/кг

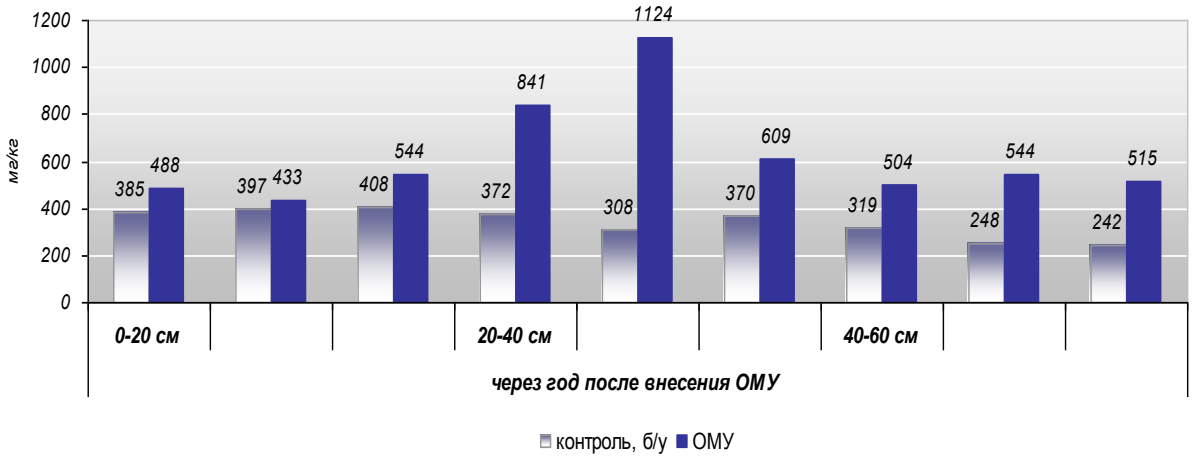
Слой почвы, см	Содержание нитратного азота ($N\text{-}NO_3$)		Содержание азота обменного аммония ($N\text{-}NH_4$)		Σ	
	Контроль, без применения удобрений	Внесение ОМУ	Контроль, без применения удобрений	Внесение ОМУ	Контроль, без применения удобрений	Внесение ОМУ
	через год после закладки опыта					
0-20	1,7	2,7	4,4	4,8	6,1	7,5
$НСР_{0,05}$						
20-40	1,4	1,6	3,2	3,4	4,6	5,0
$НСР_{0,05}$						
40-60	1,2	1,5	2,5	2,6	3,7	4,1
$НСР_{0,05}$						
	через шесть лет после закладки опыта					
0-20	3,0	4,1	5,3	7,2	8,3	11,3
$НСР_{0,05}$	*0,13*		*1,33*		*0,42*	
20-40	1,8	2,6	6,7	10,2	8,5	12,8
$НСР_{0,05}$	*0,60*		*0,93*		*0,59*	

Рост содержания подвижных форм фосфора в почве сада выявлен через год после внесения ОМУ в сравнении с контрольным вариантом (рис. 4). Через шесть лет в условиях интенсивной монокультуры содержание подвижного фосфора в почве снижалось. При этом в варианте с внесением удобрений пролонгированного действия выявлены более высокие пределы содержания фосфора в сравнении с контрольным вариантом.

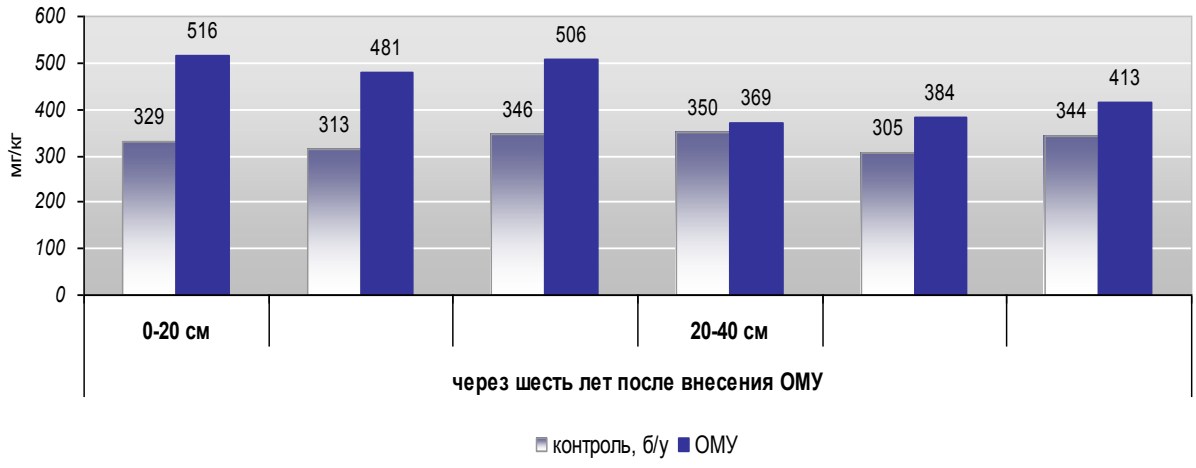
Пролонгированное действие ОМУ оказало положительное влияние на обеспеченность почвы сада обменным калием. Содержание $К_2О$ в среднем в слое почвы 0-40 см на фоне внесения удобрений через год и через шесть лет было выше на 64 и 91 % соответственно, чем в контрольном варианте (рис. 5).

В условиях монокультуры сада в контрольном варианте, без внесения удобрений, наблюдается деструкция гумусовых веществ (рис. 6). За шесть лет интенсивной эксплуатации насаждений снижение содержания

гумуса в слое почвы 0-20 см в сравнении с данными до закладки опыта составило 18 % и в слое почвы 20-40 см − 7 %. На фоне применения ОМУ содержание гумуса в слое почвы 0-20 см через год и через шесть после закладки опыта выше, чем в контрольном варианте на 12,6 и 38,7 % соответственно, что, вероятно связано с содержанием в удобрении гуминовых соединений.

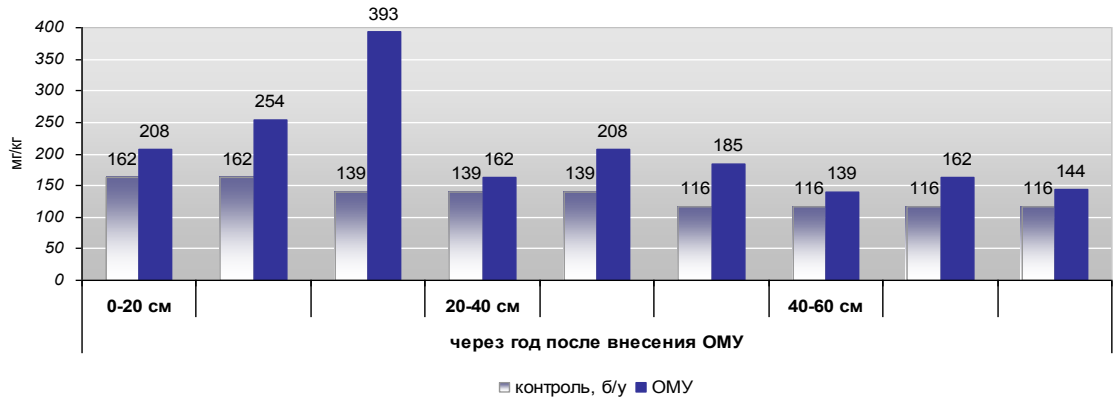


А

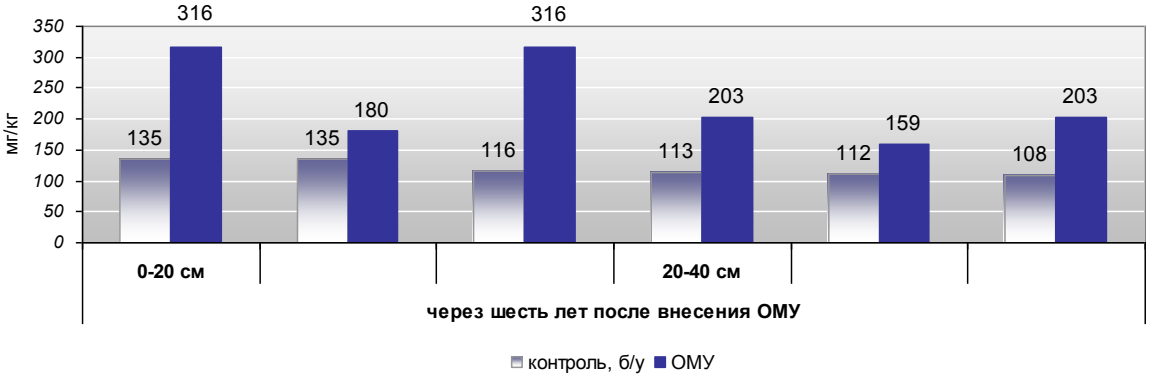


Б

Рис. 4 Содержание подвижного фосфора в почве сада через год (А) и через шесть лет (Б) после внесения ОМУ, (данные указаны по повторениям вариантов)



А



Б

Рис. 5. Содержание обменного калия в почве сада через год (А) и через шесть лет (Б) после внесения ОМУ (данные указаны по повторениям вариантов)

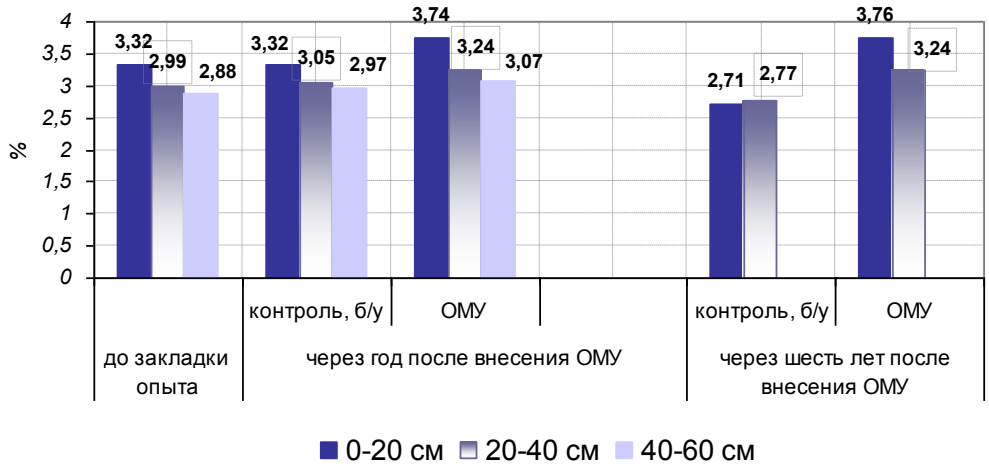


Рис. 6. Динамика содержания гумуса в почве сада в связи с применением ОМУ

Выявленные в динамике почвенно-агрохимические показатели на фоне внесения биомодифицированного ОМУ пролонгированного действия корре-

лировали с более высоким уровнем урожайности яблони сортов Прикубанское и Ренет Кубанский в сравнении с контрольным вариантом (рис. 7).

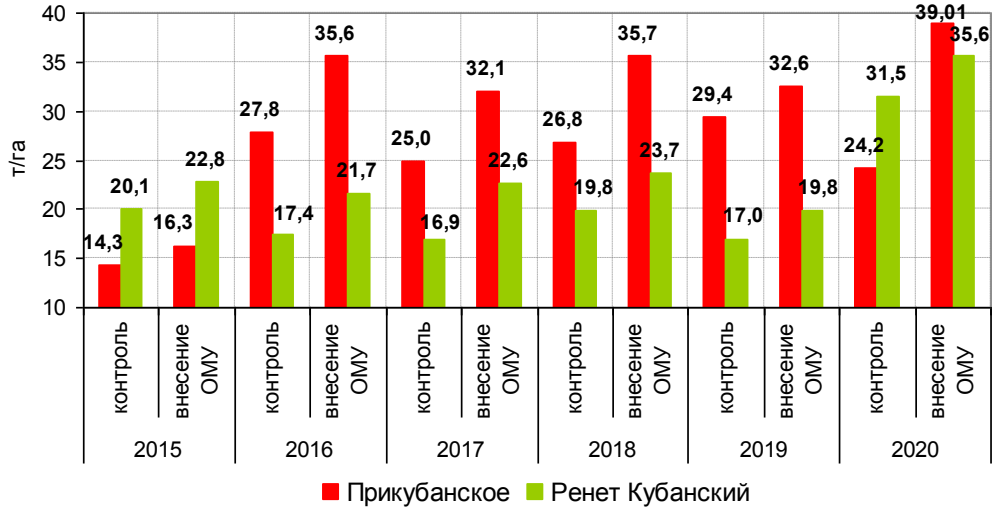


Рис. 7. Динамика урожайности яблони в связи с применением ОМУ

Выводы. Таким образом, на основании проведенных исследований было установлено, что прием применения удобрения (биомодифицированного ОМУ) не способствовал повышению актуальной кислотности почвы.

На фоне внесения ОМУ содержание обменного кальция возросло до значений 26,8-30,1 ммоль/100 г, что, предположительно, создало благоприятные условия для развития аэробных микроорганизмов и поглощения элемента корнями яблони.

Анализ динамики основной части минерального азота в почве сада выявил более высокую активность биологического процесса минерализации азота на фоне внесения ОМУ. При этом сформировавшиеся в почве условия способствовали усилению её нитрификационной активности.

В условиях интенсивной монокультуры содержание подвижного фосфора в почве через шесть лет после закладки опыта снижалось. Более высокие пределы содержания фосфора определены в варианте с внесением удобрений. Пролонгированное действие ОМУ оказало также положительное влияние на обеспеченность почвы сада обменным калием.

Для выщелоченного чернозема в условиях монокультуры без внесения удобрений выявлена тенденция к деструкции гумусовых веществ преимущественно в слое почвы 0-20 см. За шесть лет интенсивной эксплуатации насаждений снижение содержания гумуса в слое почвы 0-20 см в сравнении с данными до закладки опыта составило 18 % и в слое почвы 20-40 см − 7 %. На фоне применения ОМУ содержание гумуса в слое почвы 0-20 см через год и через шесть после закладки опыта выше, чем в контрольном варианте на 12,6 и 38,7 % соответственно, что, вероятно связано с содержанием в удобрении гуминовых соединений.

Выявленные в динамике почвенно-агрохимические показатели на фоне внесения биомодифицированного ОМУ пролонгированного действия коррелировали с более высоким уровнем урожайности яблони сортов Прикубанское и Ренет Кубанский в сравнении с контрольным вариантом.

В целом, эффект от применения исследуемого органоминерального удобрения, обогащенного культурой ризосферных бактерий, можно рассматривать как один из основных элементов биологизированной системы удобрений плодоносящего сада.

Литература

1. Сергеева Н.Н. Эффективность применения органоминеральных удобрений в саду // Субтропическое и декоративное садоводство: сб. науч. тр.: ФГБНУ ВНИИЦиСК. 2016. Вып. 57. С.186-195 URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26499455.

2. Kopytko P., Karpenko V., Yakovenko R., Mostoviak I. Soil fertility and productivity of apple orchard under a long-term use of different fertilizer systems // Agronomy Research. − 2017. − 15(2). – p. 444-455. URL:https://www.researchgate.net/publication/317745776_Soil_fertility_and_productivity_of_apple_orchard_under_a_long-term_use_of_different_fertilizer_systems.

3. Глаз Н.В., Уфимцева Л.В. Результаты испытания удобрений пролонгированного действия в составе почвосмесей при выращивании абрикоса и груши в контейнерах в 2016 году // Селекция, семеноводство и технология плодово-ягодных, овощных культур и картофеля: сборник научных трудов. Т. XIX. Челябинск, 2017. С. 84-93. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=29091852.

4. Ribeiro V. J., Andrade F V., Passos R. R., Mendonça E., Silva L. L., Sartori A. Slow-release stabilized nitrogen fertilizers on initial development and nutrition of coffee plants (Coffea arabica L.) // Australian Journal of Crop Science. – 2016. – Vol. 10 (4). – p. 497-502. URL: https://ru.booksc.org/book/72681789/615165

5. Trenkel M. E. Slow- and controlled-release and stabilized fertilizers: an option for enhancing nutrient use efficiency in agriculture. // (IFA) Paris:. - 2010. - 163 p. URL:https://www.fertilizer.org/images/Library_Downloads/2010_Trenkel_slow%20release%20book.pdf.

6. Органическое сельское хозяйство в странах Евразийского экономического союза: текущее состояние и перспективы // Евразийский центр по продовольственной безопасности. ISBN 978-5-6042265-8-2. 2020. 104 с.

7. Чеботарь В.К., Завалин А.А., Ариткин А.Г. Применение биомодифицированных минеральных удобрений: монография. М.: ВНИИА: Ульяновск: УлГУ. 2014. 142 с.

8. Vassilev N., Vassileva M., Lopez A., Martos V., Reyes A., Maksimovic I., et al. Unexploited potential of some biotechnological techniques for biofertilizer production and formulation // Applied Microbiology and Biotechnology. − 2015. − 99 (12) – p. 4983–4996. URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25957155/.

9 Sharma A. RegTech Market Size, Analysis Report. Global Industry Share, Growth, Trends and Forecast to 2025. Электронный ресурс (дата обращения 05.03.2021). https://www.researchgate.net/publication/333238148_RegTech_Market_Size_Analysis_Report_Global_Industry_Share_Growth_Trends_and_Forecast_to_2025.

10. Алексеева Т.П., Перфильева В.Д., Криницын Г.Г. Комплексное органоминеральное удобрение пролонгированного действия на основе торфа // Химия растительного сырья. 1998. № 4. С. 53-58. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=9446598.

11. Efremova S.Yu., Kulikova I.V., Sukhova N. V. Agroecological efficiency of biomodified mineral fertilizers // E3S Web of Conferences “International Conference on Efficient Production and Processing”. – 2020. – Vol. 161 (3).URL: https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/abs/2020/21/e3sconf_iceppPrague2020_01115/e3sconf_iceppPrague2020_01115.html.

12. Babana A. H., Antoun H., Velázquez E., Rodríguez-Barrueco C. Effect of *Tilemsi* phosphate rock-solubilizing microorganisms on phosphorus uptake and yield of field-grown wheat (*Triticum aestivum* L.) in Mali / First International Meeting on Microbial Phosphate Solubilization // Dev. Plant Soil Science. − 2007. − Vol. 102. URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4020-5765-6_6.

13. Adnan M., Shah Z., Fahad S., Arif M., Alam M., Khan I. A., et al. Phosphate-solubilizing bacteria nullify the antagonistic effect of soil calcification on bioavailability of phosphorus in alkaline soils // Scientific reports. − 2017. − 7 (1):6131. URL: https://doi.org/10.1038/s41598-017-16537-5

14. Bargaz A., Lyamlouli K., Chtouki M., Zeroual Y., Dhiba D. Soil Microbial Resources for Improving Fertilizers Efficiency in an Integrated Plant Nutrient Management System // Front Microbiol. 2018; 9: 1606. URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30108553/.

15. Adesemoye A. O., Kloepper J. W. Plant-microbes interactions in enhanced fertilizer-use efficiency // Applied Microbiology and Biotechnology. − Vol. 85 (1). – p. 1–12. URL:https://www.researchgate.net/publication/26767794_Plant-Microbes_Interactions_in_Enhanced_Fertilizer-Use_Efficiency.

16. Ahmad A., Imran M., Hussain S., Mahmood S., Houssein A. H.,et al. Bacterial impregnation of mineral fertilizers improves yield and nutrient use efficiency of wheat // Journal of the Science of Food and Agriculture. – 2017. – Vol. 97 (11). – p. 3685–3690. URL:https://www.researchgate.net/publication/312588374_Bacterial_impregnation_of_mineral_fertilizers_improves_yield_and_nutrient_use_efficiency_of_wheat.

17. Xiloyannis C., Montanaro G., Mininni A.N., Dichio, B. Sustainable production systems in fruit tree orchards. Acta Horticulturae. 2015. Vol. 1099 (36), p. 319-324. URL: https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2015.1099.36/.

18. Yasari E., Azadgoleh M. A., Mozafari S., Alashti M. R. Enhancement of growth and nutrient uptake of Rapeseed (Brassica napus L.) by applying mineral nutrients and biofertilizers. // Pakistan journal of biological sciences. − 2009. − Vol. 12. – p. 127–133. URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19579932/.

19. Wu S. C., Caob Z. H., Lib Z. G., Cheunga K. C., Wonga M. H. Effects of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial // Journal Geoderma. – 2005. − Vol. 125. - № 1-2. – p. 155–166. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27973927

20. Adesemoye A. O., Torbert H. A., Kloepper J. W. (2009). Plant growth-promoting rhizobacteria allow reduced application rates of chemical fertilizers //Microbial Ecology. –Vol. 58 (4). – p. 921–929. URL: https://www.researchgate.net/publication/26238041_Plant_Growth-romoting_Rhizobacteria_Allow_Reduced_Application_Rates_of_Chemical_Fertilizers.

21. Шишов Л.Л., Тонконогов В.Д., Лебедева И.И. Классификация и диагностика почв России, 2004. 341 с.

22. Чеботарь В.К., Макарова Н.М., Шапошников А.И., Кравченко Л.В. Антифунгальные и фитостимулирующие свойства ризосферного штамма *Bacillus subtilis* 4-13 – продуцента биопрепаратов // Прикладная биохимия и микробиология. 2009. Т.45. № 4. С. 465-469. URL: http://naukarus.com/antifungalnye-i-fitostimuliruyuschie-svoystva-rizosfernogo-shtamma-bacillus-subtilis-ch-13-produtsenta-biopreparatov.

23. ГОСТ Р 58595-2019 Почвы. Отбор проб. М.: Стандартинформ, 2019. 6 с.

24. ГОСТ 29269-91 Почвы. Общие требования к проведению анализов. М.: Стандартинформ, 2005. 3 с.

25. ГОСТ 28268-89 Почвы. Методы определения влажности, максимальной гигроскопической влажности и влажности устойчивого завядания растений. М.: Стандартинформ, 2006. 6 с.

26. ГОСТ 26423-85 Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, pH и плотного остатка водной вытяжки. М.: Стандартинформ, 2011. 4 с.

27. ГОСТ 26212-91 Почвы. Определение гидролитической кислотности по методу Каппена в модификации ЦИНАО. М.: Комитет стандартизации и метрологии СССР, 1992. -5 с.

28. ГОСТ 27821-88 Почвы. Определение суммы поглощенных оснований по методу Каппена. М.: Комитет стандартизации и метрологии СССР, 1988. 5 с.

29. ГОСТ 26213-91 Почвы. Методы определения органического вещества. М.: Комитет стандартизации и метрологии СССР, 1992. 7 с.

30. Методические указания по определению нитрификационной способности почв. − М.: ВПНО «Сельхозхимия», 1984. 16 с.

31. ГОСТ 26489-85 Почвы. Определение обменного аммония по методу ЦИНАО. М.: Комитет стандартизации и метрологии СССР, 1986. 5 с.

32. ГОСТ 26951-86 Почвы. Определение нитратов ионометрическим методом. М.: Комитет стандартизации и метрологии СССР, 1987. 7 с.

33. ГОСТ 26204-91 Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Чирикова в модификации ЦИНАО. Комитет стандартизации и метрологии СССР, 1992. 6 с.

34. ГОСТ 26428-85 Почвы. Методы определения кальция и магния в водной вытяжке. Комитет стандартизации и метрологии СССР, 1986. 8 с.

References

1. Sergeeva N.N. Effektivnost' primeneniya organomineral'nyh udobrenij v sadu // Subtropicheskoe i dekorativnoe sadovodstvo: sb. nauch. tr.: FGBNU VNIICiSK. 2016. Vyp. 57. S.186-195 URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26499455.

2. Kopytko R., Karpenko V., Yakovenko R., Mostoviak I. Soil fertility and productivity of apple orchard under a long-term use of different fertilizer systems // Agronomy Research. − 2017. − 15(2). – p. 444-455. URL: https://www.researchgate.net/publication/317745776_Soil_fertility_and_productivity_of_apple_orchard_under_a_long-term_use_of_different_fertilizer_systems.

3. Glaz N.V., Ufimceva L.V. Rezul'taty ispytaniya udobrenij prolongirovannogo dejstviya v sostave pochvosmesej pri vyrashchivanii abrikosa i grushi v kontejnerah v 2016 godu // Selekciya, semenovodstvo i tekhnologiya plodovoyagodnyh, ovoshchnyh kul'tur i kartofelya: sbornik nauchnyh trudov. T. XIX. Chelyabinsk, 2017. S. 84-93. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=29091852.

4. Ribeiro V. J., Andrade F V., Passos R. R., Mendonça E., Silva L. L., Sartori A. Slow-release stabilized nitrogen fertilizers on initial development and nutrition of coffee plants (Coffea arabica L.) // Australian Journal of Crop Science. – 2016. – Vol. 10 (4). – p. 497-502. URL: https://ru.booksc.org/book/72681789/615165

5. Trenkel M. E. Slow- and controlled-release and stabilized fertilizers: an option for enhancing nutrient use efficiency in agriculture. // (IFA) Paris:. - 2010. - 163 r. URL: https:// www.fertilizer.org/images/Library_Downloads/2010_Trenkel_slow%20release%20book.pdf.

6. Organicheskoe sel'skoe hozyajstvo v stranah Evrazijskogo ekonomicheskogo soyuza: tekushchee sostoyanie i perspektivy // Evrazijskij centr po prodovol'stvennoj bezopasnosti. ISBN 978-5-6042265-8-2. 2020. 104 s.

7. Chebotar' V.K., Zavalin A.A., Aritkin A.G. Primenenie biomodificirovannyh mineral'nyh udobrenij: monografiya. M.: VNIIA: Ul'yanovsk: UlGU. 2014. 142 s.

8. Vassilev N., Vassileva M., Lopez A., Martos V., Reyes A., Maksimovic I., et al. Unexploited potential of some biotechnological techniques for biofertilizer production and formulation // Applied Microbiology and Biotechnology. − 2015. − 99 (12) – p. 4983–4996. URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25957155/.

9 Sharma A. RegTech Market Size, Analysis Report. Global Industry Share, Growth, Trends and Forecast to 2025. Elektronnyj resurs (data obrashcheniya 05.03.2021). https://www.researchgate.net/publication/333238148_RegTech_Market_Size_Analysis_Report_Global_Industry_Share_Growth_Trends_and_Forecast_to_2025.

10. Alekseeva T.P., Perfil'eva V.D., Krinicyn G.G. Kompleksnoe organomineral'noe udobrenie prolongirovannogo dejstviya na osnove torfa // Himiya rastitel'nogo syr'ya. 1998. № 4. S. 53-58. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=9446598.

11. Efremova S.Yu., Kulikova I.V., Sukhova N. V. Agroecological efficiency of biomodified mineral fertilizers // E3S Web of Conferences “International Conference on Efficient Production and Processing”. – 2020. – Vol. 161 (3).URL: https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/abs/2020/21/e3sconf_iceppPrague2020_01115/e3sconf_iceppPrague2020_01115.html.

12. Babana A. H., Antoun H., Velázquez E., Rodríguez-Barrueco C. Effect of Tilemsi phosphate rock-solubilizing microorganisms on phosphorus uptake and yield of field-grown wheat (*Triticum aestivum* L.) in Mali / First International Meeting on Microbial Phosphate Solubilization // Dev. Plant Soil Science. − 2007. − Vol. 102. URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4020-5765-6_6.

13. Adnan M., Shah Z., Fahad S., Arif M., Alam M., Khan I. A., et al. Phosphate-solubilizing bacteria nullify the antagonistic effect of soil calcification on bioavailability of phosphorus in alkaline soils // Scientific reports. − 2017. − 7 (1):6131. URL: https://doi.org/10.1038/s41598-017-16537-5

14. Bargaz A., Lyamlouli K., Chtouki M., Zeroual Y., Dhiba D. Soil Microbial Resources for Improving Fertilizers Efficiency in an Integrated Plant Nutrient Management System // Front Microbiol. 2018; 9: 1606. URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30108553/.

15. Adesemoye A. O., Kloepper J. W. Plant-microbes interactions in enhanced fertilizer-use efficiency // Applied Microbiology and Biotechnology. − Vol. 85 (1). – p. 1–12. URL: https://www.researchgate.net/publication/26767794_Plant-Microbes_Interactions_in_Enhanced_Fertilizer-Use_Efficiency.

16. Ahmad A., Imran M., Hussain S., Mahmood S., Houssein A. H.,et al. Bacterial impregnation of mineral fertilizers improves yield and nutrient use efficiency of wheat // Journal of the Science of Food and Agriculture. – 2017. – Vol. 97 (11). – p. 3685–3690. URL: https://www.researchgate.net/publication/312588374_Bacterial_impregnation_of_mineral_fertilizers_improves_yield_and_nutrient_use_efficiency_of_wheat.

17. Xiloyannis C., Montanaro G., Mininni A.N., Dichio, B. Sustainable production sys-tems in fruit tree orchards. Acta Horticulturae. 2015. Vol. 1099 (36), p. 319-324. URL: https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2015.1099.36/.

18. Yasari E., Azadgoleh M. A., Mozafari S., Alashti M. R. Enhancement of growth and nutrient uptake of Rapeseed (Brassica napus L.) by applying mineral nutrients and biofertilizers. // Pakistan journal of biological sciences. − 2009. − Vol. 12. – p. 127–133. URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19579932/.

19. Wu S. C., Caob Z. H., Lib Z. G., Cheunga K. C., Wonga M. H. Effects of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial // Journal Geoderma. – 2005. − Vol. 125. - № 1-2. – p. 155–166. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27973927

20. Adesemoye A. O., Torbert H. A., Kloepper J. W. (2009). Plant growth-promoting rhizobacteria allow reduced application rates of chemical fertilizers //Microbial Ecology. – Vol. 58 (4). – p. 921–929. URL: https://www.researchgate.net/publication/26238041_Plant_Growth-romoting_Rhizobacteria_Allow_Reduced_Application_Rates_of_Chemical_Fertilizers.

21. Shishov L.L., Tonkonogov V.D., Lebedeva I.I. Klassifikaciya i diagnostika pochv Rossii, 2004. 341 s.

22. Chebotar' V.K., Makarova N.M., Shaposhnikov A.I., Kravchenko L.V. Antifungal'nye i fitostimuliruyushchie svojstva rizosfernogo shtamma *Bacillus subtilis* 4-13 – producenta biopreparatov // Prikladnaya biohimiya i mikrobiologiya. 2009. T.45. № 4. S. 465-469. URL: http://naukarus.com/antifungalnye-i-fitostimuliruyuschie-svoystva-rizosfernogo-shtamma-bacillus-subtilis-ch-13-produtsenta-biopreparatov.

23. GOST R 58595-2019 Pochvy. Otbor prob. M.: Standartinform, 2019. 6 s.

24. GOST 29269-91 Pochvy. Obshchie trebovaniya k provedeniyu analizov. M.: Standartinform, 2005. 3 s.

25. GOST 28268-89 Pochvy. Metody opredeleniya vlazhnosti, maksimal'noj gigroskopicheskoj vlazhnosti i vlazhnosti ustojchivogo zavyadaniya rastenij. M.: Standartinform, 2006. 6 s.

26. GOST 26423-85 Pochvy. Metody opredeleniya udel'noj elektricheskoj provodimosti, rN i plotnogo ostatka vodnoj vytyazhki. M.: Standartinform, 2011. 4 s.

27. GOST 26212-91 Pochvy. Opredelenie gidroliticheskoj kislotnosti po metodu Kappena v modifikacii CINAO. M.: Komitet standartizacii i metrologii SSSR, 1992. -5 s.

28. GOST 27821-88 Pochvy. Opredelenie summy pogloshchennyh osnovanij po metodu Kappena. M.: Komitet standartizacii i metrologii SSSR, 1988. 5 s.

29. GOST 26213-91 Pochvy. Metody opredeleniya organicheskogo veshchestva. M.: Komitet standartizacii i metrologii SSSR, 1992. 7 s.

30. Metodicheskie ukazaniya po opredeleniyu nitrifikacionnoj sposobnosti pochv. M.: VPNO «Sel'hozhimiya», 1984. 16 s.

31. GOST 26489-85 Pochvy. Opredelenie obmennogo ammoniya po metodu CINAO. M.: Komitet standartizacii i metrologii SSSR, 1986. 5 s.

32. GOST 26951-86 Pochvy. Opredelenie nitratov ionometricheskim metodom. M.: Komitet standartizacii i metrologii SSSR, 1987. 7 s.

33. GOST 26204-91 Pochvy. Opredelenie podvizhnyh soedinenij fosfora i kaliya po metodu Chirikova v modifikacii CINAO. Komitet standartizacii i metrologii SSSR, 1992. 6 s.

34. GOST 26428-85 Pochvy. Metody opredeleniya kal'ciya i magniya v vodnoj vytyazhke. Komitet standartizacii i metrologii SSSR, 1986. 8 s.