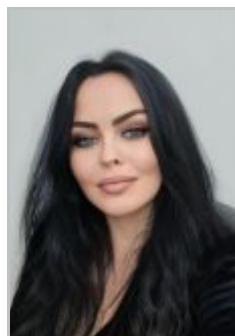


45 ЛЕТ НА БЛАГО НАУКИ. РЕЗУЛЬТАТЫ ДЛИТЕЛЬНЫХ ОПЫТОВ СТАЦИОНАРА СТАВРОПОЛЬСКОГО ГАУ

**В.Г. Сычев¹, ак. РАН, (e-mail: sychev55@mail.ru),
А.Н. Есаулко², д.с.-х.н., (e-mail: aesaulko@yandex.ru), Ю.И. Гречишкина², д.с.-х.н.,
(e-mail: lnwg@mail.ru), Е.В. Голосной², к.с.-х.н., (e-mail: golosnoi@mail.ru)**

¹Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии им. Д. Н. Прянишникова
ул. Прянишникова, 31 а, Москва, 127550, Российская Федерация

²Ставропольский государственный аграрный университет
пер. Зоотехнический, 12, Ставрополь, 355017, Российская Федерация



Стационару кафедры агрохимии и физиологии растений Ставропольского ГАУ исполняется 45 лет. За этот период получена масса фундаментальных научных материалов по системе экспериментов на черноземе выщелоченном, а также изучены различные методические подходы по оценке агроценозов Ставропольской возвышенности. Важным элементом современной концепции функционирования стационара длительных опытов являются моделирование и прогнозирование. Приведены краткие результаты четырех ротаций севооборота. В 2021 г. завершится пятая ротация восьмипольного стационарного севооборота, поэтому данные приведены за четыре ротации с учетом последствий (38 опыто-лет). На черноземе выщелоченном длительное применение систем удобрения способствует ускоренной минерализации и большему расходу гумуса. На фоне обеспеченности 115-167 кг/га минеральными и 5-8 т/га органическими удобрениями отмечается стабилизация обеспеченности гумусом. Применение расчетной системы удобрения с насыщенностью минеральными 167 кг/га и органическими 5,0 т/га позволяет накопить высокий уровень подвижного фосфора – 31,9 мг/кг, что выше исходных значений на 7,9 мг/кг. Расчетная система удобрения [с насыщенностью 180 кг д.в./га + 7,5 т/га (1978–1993 г.) и 167 кг д.в./га + 5,0 т/га (2000–2015 г.)] значительно увеличила содержание подвижного калия по сравнению с исходным значением и естественным агрохимическим фоном. Рекомендованная и расчетная системы удобрения способствуют достоверному снижению реакции рН на 0,6 и 0,7 ед. соответственно. Применение биологизированной, с насыщенностью 120 кг д.в./га + 5,0 т/га (1978–1993 г.) и 62,5 кг д.в./га + 8,2 т/га (2000–2015 г.) системы удобрения, способствует сохранению показателей рН на уровне естественного агрохимического фона – 6,53 ед.

Ключевые слова: система удобрения, чернозем выщелоченный, длительные опыты, Геосеть, полевые опыты, стационар, азот, фосфор, калий, органическое вещество.

Для цитирования: Сычев В.Г., Есаулко А.Н., Гречишкина Ю.И., Голосной Е.В. 45 лет на благо науки. Результаты длительных опытов стационара Ставропольского ГАУ // Плодородие. – 2021. – №3. – С. 22-27.
DOI: 10.25680/S19948603.2021.120.03.

Стационар кафедры агрохимии и физиологии растений расположен на сельскохозяйственной опытной станции Ставропольского государственного аграрного университета. Зарегистрирован в реестре аттестатов длительных опытов Геосети Российской Федерации и представляет собой длительный опыт «Теоретические и технологические основы биогеохимических потоков веществ в агроландшафтах». Заложен в 1976 г. академиком РАН В.М. Пенчуковым и профессором В.В. Агеевым. Стационар пережил четыре модификации и актуализации (табл. 1). Почва – чернозем выщелоченный мощный малогумусный тяжелосуглинистый.

Опыт двухфакторный: фактор А – системы удобрения в севообороте, фактор В – временной. Расположение вариантов в повторениях – систематическое последовательное в два яруса с расщепленными делянками. Тип севооборота – зернопропашной со следующими чередованием культур: 1 – горохо-овсяная смесь (занятый пар); 2 – озимая пшеница; 3 – озимая пшеница (с 1994 г. озимый ячмень); 4 – кукуруза на силос; 5 – озимая пшеница; 6 – горох; 7 – озимая пшеница; 8 – подсолнечник (с 1994 г. озимый рапс; с 2000 г. яровой рапс). Развернут в пространстве и во времени. Число полей – 24. Общая площадь делянки – 108 м², учетная – 60 м². Повторность

опыта трехкратная. Общая площадь стационара 6,4 га.

Агрохимическая характеристика почвы стационара до закладки опыта (0-20 см слой): $pH_{\text{водн.}}$ 6,7; Нг – 2,7 мг-экв/100 г почвы; S – 42,1 мг-экв/100 г почвы; V – 95 %; подвижные формы P_2O_5 – 24, K_2O – 260 мг/кг почвы.

В стационаре в течение двух ротаций севооборота (1978-1993 г.) изучали влияние систем удобрения и

способов обработки почвы на агрохимические свойства почвы и продуктивность сельскохозяйственных культур севооборота. Под урожай 1994 г. севооборот подвергнут реконструкции – на всей площади был проведен уравнильный посев ярового ячменя. С 1995 по 1999 г. в стационаре по сравнению с контролем без удобрений изучали последствия систем удобрения.

1. Стационар длительного опыта «Теоретические и технологические основы биогеохимических потоков веществ в агроландшафтах»

Срок наблюдений, годы исследования					
1-я ротация, 1978–1985 г.	2-я ротация, 1986–1993 г.	Последствие систем удобрения, 1994–1999 г.	3-я ротация, 2000–2007 г.	4-я ротация, 2008–2015 г.	5-я ротация, 2016–2021 г.
Система удобрения, насыщенность севооборота NPK (кг/га) + навоз (т/га)					
Контроль (б/у)	Удобрения не применяли	Контроль (без удобрения)			
Рекомендованная, 60,0 + 2,5		Рекомендованная, 115,0 + 5,0			
Балансовая, 120,0 + 5,0		Биологизированная, 63,0 + 9,0			
Расчетная, 180,0 + 7,5		Расчетная			
		167,0 + 5,0	171,0 + 5,0	173,0 + 5,0	



Рис. 1. Стационарный опыт кафедр агрохимии и физиологии растений Ставропольского ГАУ

С 1999 г. приступили к оптимизации систем удобрения в севообороте на основе данных, полученных в стационаре за 1978-1999 г. При сохранении контроля (без удобрений) изучали следующие системы удобрения: рекомендованная – синтезирована на основе материалов, полученных в рассматриваемом стационаре с насыщенностью севооборота NPK 115 кг/га, в т.ч. $N_{50}P_{58,75}K_{6,25}$ при соотношении N:P:K = 1:1,18:0,13 + 5 т/га навоза; биологизированная – ориентирована на максимальное использование органических удобрений с насыщенностью севооборота NPK 62,5 кг/га, в т.ч. $N_{42,5}P_{20}K_0$ при соотношении N:P:K = 1:0,47:0 + 8,2 т/га органических удобрений, в т.ч. 5 т/га навоз подстилочный; расчетная – запланирована на получение максимально возможной урожайности сельскохозяйственных культур (горохо-овсяная смесь – 330 ц/га, озимая пшеница – 65, озимый ячмень – 55, кукуруза на силос – 550, озимая пшеница – 55, горох – 33, озимая пшеница – 60, яровой рапс – 22 ц/га). Соотношения и дозы минеральных удобрений устанавливали по результатам текущих анализов и растительной диагностики на основе методики В.В. Агеева (1979) и ежегодно уточняли [1, 5].

В опыте изучали районированные сорта сельскохозяйственных культур: озимая пшеница – зерноградка 9, озимый ячмень – Михайло, кукуруза – СТК 840, горох – Аксайский усатый 5, яровой рапс – Форум, горох + овес – Аксайский усатый 5 + Валдин 765. В качестве удобрений применяли аммиачную селитру, мочевины, аммофос, нитроаммофос, нитроаммофоску, а также использовали солому и стебли культур севооборота и полуперепревший навоз КРС.

Согласно схеме агроклиматического зонирования Ставропольского края, землепользование сельскохозяйственной опытной станции СтГАУ по условиям влагообеспеченности отнесено к пятому агроклиматическому району, характеризующемуся умеренным увлажнением. На период активной вегетации растений приходится 70-75% суммы осадков. Характерной особенностью зоны, по многолетним наблюдениям, являются: продолжительное жаркое лето и теплая осень, довольно мягкая зима и короткая весна с неустойчивым температурным режимом, резко переходящая в лето. Основные агроклиматические показатели (по данным метеостанции г. Ставрополь) приведены ниже.

Показатель	Величины
Среднегодовая температура воздуха, °С	9,2
Сумма температур за период с $t \geq 10^\circ\text{C}$	3000-3200
Годовая сумма осадков, мм	623
в т.ч. за период с $t \geq 10^\circ\text{C}$	450-475
Гидротермический коэффициент	1,1-1,3
Запасы продуктивной влаги к началу вегетации в слое почвы 0-100 см, мм	160-200
Число суховейных дней	61
Продолжительность безморозного периода, дней	180-190

Максимальная температура воздуха летом достигает 40°C . Летом осадки носят преимущественно ливневый характер. Осень сравнительно теплая, в середине октября температура воздуха переходит через $+10^\circ\text{C}$ в сторону понижения – заканчивается активная вегетация сельскохозяйственных культур. В течение вегетации запасы влаги в почве под сельскохозяйственными культурами постепенно убывают, снижаясь под озимыми

культурами в конце июня – начале июля (конец вегетации) в метровом слое почвы до 60-80 мм. Под пропашными культурами минимальные запасы влаги наблюдаются во второй-третьей декадах августа и составляют 60-70 мм. К осени запасы почвенной влаги постепенно возрастают и к моменту перехода температуры воздуха через 5°C составляют 30-80 мм под зябью и озимыми, 70-100 мм под озимыми после пара [2, 3].

Изучаемые системы удобрения оказали влияние на содержание гумуса в слое 0–20 см чернозёма выщелоченного: произошло снижение на 1,06% со среднегодовым темпом спада 0,028% (табл. 2).

Под влиянием последствия систем удобрения (1994–1999 г.) отмечены катастрофические потери (0,49–0,60%) гумуса в пахотном слое почвы: чем больше насыщенность севооборота удобрениями, тем выше скорость распада гумуса [4].



а



б

Рис. 2. Опытные посевы: а- озимая пшеница, б – кукуруза

2. Содержание гумуса в 0–20 см слое почвы под влиянием систем удобрения и временного фактора, %

Фактор А – система удобрения, насыщенность севооборота НРК (кг/га) + навоз (т/га)	Фактор В – срок наблюдения						А, $HCP_{05} = 0,1$
	1976 г. Исходное значение	1-я ротация (1978–1985 г.)	2-я ротация (1986–1993 г.)	Последствие систем удобрения (1994–1999 г.)	3-я ротация, модификация систем удобрения (2000–2007 г.)	4-я ротация (2008–2015 г.)	
Контроль (б/у)	6,37	6,22	6,11	5,59	5,38	5,31	5,83
Рекомендованная, $60 + 2,5$ (1978–1993 г.) $115 + 5,0$ (2000–2015 г.)	6,37	6,22	6,15	5,66	5,57	5,52	5,92
Балансовая, $120 + 5$ (1978–1993 г.) Биологизированная, $62,5 + 8,2$ (2000–2015 г.)	6,37	6,33	6,28	5,71	5,76	5,61	6,01
Расчетная, $180 + 7,5$ (1978–1993 г.) $167 + 5,0$ (2000–2015 г.)	6,37	6,40	6,39	5,79	5,68	5,64	6,05
В, $HCP_{05} = 0,08$	6,37	6,29	6,23	5,69	5,60	5,52	$HCP_{05} = 0,39$ $S_x = 3,2$

Модификация системы удобрения (2000–2007 г.) замедлила, но не устранила потери гумуса в почве, и, следовательно, требуется дальнейшее совершенствование в направлении биологизации систем удобрения. В зависимости от систем удобрения к концу четвертой ротации севооборота относительно третьей ротации наблюдалось снижение уровня органического вещества на 0,04–0,15% соответственно.

Изучаемые системы удобрения по сравнению с естественным агрохимическим фоном обеспечивали более экономный расход гумуса на протяжении 38-летнего периода. Их влияние на обеспеченность органическим веществом сопряжено с обеспеченностью севооборота органическими и минеральными удобрениями, зависит

от скорости минерализации органического вещества и подчиняется той же зависимости от режимов увлажнения и засушливости погодных условий в период исследований, что и динамика органического вещества на естественном агрохимическом фоне. В вариантах с расчетной системой удобрения разница с исходным показателем (1976 г. – закладка стационара) к концу 4-й ротации севооборота на чернозёме выщелоченном составила 0,85%, что в 6 раз превышает наименьшую существенную разницу по анализируемым срокам наблюдения.

Изученные в длительном стационарном опыте системы удобрения повышали содержание подвижного фосфора в течение двух ротаций севооборота (табл. 3). Теоретически оптимальный уровень (26-30 мг/кг) со-

держания подвижного фосфора обеспечивали расчетная и балансовая системы удобрения. В последствии системы удобрения содержание P_2O_5 в пахотном слое в течение 5 лет снизилось на 1,4–4,0 мг/кг почвы.

Рекомендованная система удобрения обеспечивала содержание подвижного фосфора в пахотном горизонте на уровне исходного показателя. Лишь в вариантах с расчетной системой удобрения наблюдается неуклонное увеличение подвижного фосфора в слое почвы 0–20

см чернозёма выщелоченного после оптимизации системы удобрения [10]. Расчетная система удобрения по сравнению с контролем в течение четырех ротаций позволила накопить достаточно высокий уровень подвижного фосфора – 31,9 мг/кг, что выше исходных значений на 7,9 мг/кг. Рекомендованная и биологизированная системы удобрения снижали содержание подвижного калия на 6 и 13 мг/кг соответственно.

3. Влияние систем удобрения и временного фактора на содержание подвижного фосфора в чернозёме выщелоченном в 0–20 см слое почвы, мг/кг

Система удобрения, насыщенность севооборота NPK (кг/га) + навоз (т/га), А	Срок наблюдения, В						А, НСР ₀₅ = 0,96
	1976 г. Исходное значение	1-я ротация (1978–1985 г.)	2-я ротация (1986–1993 г.)	Последствие систем удобрения (1994–1999 г.)	3-я ротация, модификация систем удобрения (2000–2007 г.)	4-я ротация (2008–2015 г.)	
Контроль (б/у)	24,0	21,2	18,9	20,6	19,4	17,5	5,83
Рекомендованная, 60 + 2,5 (1978–1993 г.) 115 + 5,0 (2000–2015 г.)	24,0	24,1	25,0	23,6	24,0	23,8	5,92
Балансовая, 120 + 5 (1978–1993 г.) Биологизированная, 62,5 + 8,2 (2000–2015 г.)	24,0	25,3	27,5	24,3	23,8	21,6	6,01
Расчетная, 180 + 7,5 (1978–1993 г.) 167 + 5,0 (2000–2015 г.)	24,0	27,0	29,1	25,1	28,3	31,9	6,05
В, НСР ₀₅ = 0,88	24	25,2	25,3	23,5	24,0	24,3	НСР ₀₅ = 2,84 S _x = 4,1

Снижение потенциала подвижного калия определяется временным фактором. Содержание подвижного калия в 0–20 см слое почвы, независимо от системы удобрения, с первой ротации севооборота до конца последствия систем удобрения снизилось на 15–22 мг/кг (табл. 4). После оптимизации системы удобрения к концу 3-й ротации наблюдалось увеличение содержания элемента питания во всех вариантах опыта, однако в течение 4-й ротации севооборота шло неуклонное

снижение содержания калия в почве относительно показателей 3-й ротации, независимо от системы удобрения, на 2–22 мг/кг почвы. Начальные показатели реакции почвенного раствора в период закладки опыта соответствуют значениям, характерным данному подтипу чернозёмных почв – 6,4–6,7 ед. (табл. 5).

Выявлена прямая зависимость показателей реакции почвенного раствора от количества выпавших осадков за этот промежуток времени [9].

4. Влияние систем удобрения и временного фактора на содержание подвижного калия в 0–20 см слое почвы, мг/кг

Система удобрения, насыщенность севооборота NPK (кг/га) + навоз (т/га), А	Срок наблюдения, В						А, НСР ₀₅ = 6,7
	1976 г. Исходное значение	1-я ротация (1978–1985 г.)	2-я ротация (1986–1993 г.)	Последствие систем удобрения (1994–1999 г.)	3-я ротация, модификация систем удобрения (2000–2007 г.)	4-я ротация (2008–2015 г.)	
Контроль (б/у)	260	253	249	234	243	221	243,3
Рекомендованная, 60 + 2,5 (1978–1993 г.) 115 + 5,0 (2000–2015 г.)	260	254	242	239	256	254	250,8
Балансовая, 120 + 5 (1978–1993 г.) Биологизированная, 62,5 + 8,2 (2000–2015 г.)	260	268	258	246	268	247	257,8
Расчетная, 180 + 7,5 (1978–1993 г.) 167 + 5,0 (2000–2015 г.)	260	282	272	260	279	265	269,7
В, НСР ₀₅ = 9,1	260	264,3	255,3	244,8	261,5	246,8	НСР ₀₅ = 23,1 S _x = 3,7

В целом за весь период наблюдений отмечается достоверное подкисление почвенного раствора с 6,7 до 6,2 ед. независимо от применяемых систем удобрения. Естественный агрохимический фон характеризуется подкислением рН среды на 0,4 ед. Среднегодовое количество выпавших осадков увеличилось с 491 до 529 мм за исследуемый период, на фоне повышения температурного режима на 1,1°C.

В динамике наблюдалось подкисление 0–20 см слоя чернозёма выщелоченного на 0,3–0,7 ед. на отвальном

способе обработки почвы независимо от системы удобрения.

Рекомендованная и расчетная системы удобрения повышали кислотность почвенного раствора чернозёма выщелоченного по сравнению с естественным агрохимическим фоном на 0,2–0,3 ед., что объясняется недостаточной насыщенностью севооборота органическими удобрениями в этих системах и высокой насыщенностью минеральными удобрениями.

Биологизированная система с насыщенностью органикой 7–8 т/га в сочетании со средней насыщенностью севооборота минеральными удобрениями поддерживает буферную способность чернозёма выщелоченного на уровне контрольного варианта [2, 8, 10].

Для практики современного земледелия наиболее перспективны в зависимости от уровня экономики, биологизированная и расчетная системы удобрения. Наибольший эффект от применения систем удобрения получен на рас-

четной системе удобрения ($N_{86}P_{74}K_{11}$ + навоз, 5,0 т/га) в сочетании с отвальным способом обработки – 5,33 т/га з.е. Прибавки от биологизированной системы удобрения ($N_{43}P_{20}K_0$ + 8,8 т/га органических удобрений) по сравнению с контролем оказались существенными (1,0; 0,66; 0,86 и 0,48 т/га з.е.), а уровень продуктивности севооборота равен полученному от применения рекомендованной системы ($N_{50}P_{59}K_6$ + навоз, 5 т/га), (табл. 6).

5. Влияние систем удобрения и временного фактора на реакцию почвенного раствора (способ обработки – отвальный)

Система удобрения, насыщенность севооборота NPK (кг/га) + навоз (т/га), А	Срок наблюдения, В						А, НСР ₀₅ = 0,14
	1976 г. Исходное значение	1-я ротация (1978–1985 г.)	2-я ротация (1986–1993 г.)	Последствие систем удобрения (1994–1999 г.)	3-я ротация, (2000–2007 г.)	4-я ротация (2008–2015 г.)	
Контроль (б/у)	6,7	6,7	6,5	6,6	6,4	6,3	6,53
Рекомендованная, 60 + 2,5 (1978–1993 г.) 115 + 5,0 (2000–2015 г.)	6,7	6,7	6,3	6,4	6,2	6,1	6,4
Балансовая, 120 + 5 (1978–1993 г.) Биологизированная, 62,5 + 8,2 (2000–2015 г.)	6,7	6,7	6,4	6,5	6,6	6,4	6,53
Расчетная, 180 + 7,5 (1978–1993 г.) 167 + 5,0 (2000–2015 г.)	6,7	6,7	6,4	6,3	6,1	6,0	6,37
В, НСР ₀₅ = 0,17	6,70	6,70	6,40	6,43	6,33	6,2	НСР ₀₅ = 0,29 S _x ,% = 3,5

6. Продуктивность зернопропашного севооборота на выщелоченном чернозёме

Система удобрения, насыщенность севооборота NPK (кг/га) + навоз (т/га), А	Продуктивность, т/га з.е.					А, НСР ₀₅ = 0,079
	Ротация		Последствие систем (1994–1999 г.)	Ротация		
	1-я (1978–1985 г.)	2-я (1986–1993 г.)		3-я (2000–2007 г.)	4-я (2008–2015 г.)	
Контроль (б/у)	3,57	3,54	2,72	3,23	3,40	3,29
Рекомендованная, 60 + 2,5 (1978–1993 г.) 115 + 5,0 (2000–2015 г.)	3,92	3,90	2,87	4,03	4,51	3,85
Балансовая, 120 + 5 (1978–1993 г.) Биологизированная, 63 + 8,8 (2000–2015 г.)	4,11	4,12	3,13	3,98	4,40	3,95
Расчетная, 180 + 7,5 (1978–1993 г.) 171 + 5,0 (2000–2015 г.)	4,25	4,11	3,25	4,52	5,33	4,29
В, НСР ₀₅ = 0,071	3,96	3,92	2,99	3,94	4,41	НСР ₀₅ = 0,27 S _x = 4,06

Оптимизированные (расчетные) системы удобрения в период с 2000 по 2015 г. способствовали получению более высокой прибавки урожая по сравнению с предшествующими ротациями и естественным агрохимическим фоном, что позволило улучшить практически все основные показатели экономической эффективности. Системы удобрения в анализируемый период (1978–2015 г.) изменяли направленность тренда продуктивности севооборота по сравнению с естественным агрохимическим фоном. Расчетная система удобрения обеспечивала повышающий тренд с наибольшим коэффициентом аппроксимации $R^2 = 0,2935$ относительно изучаемых систем удобрения.

Выводы. На чернозёме выщелоченном длительное применение минеральных удобрений без оптимального сочетания с органическими способствует ускоренной минерализации и большому расходу гумуса. На фоне обеспеченности 115–167 кг/га минеральными и 5–8 т/га органическими удобрениями отмечается стабилизация обеспеченности гумусом.

Оптимальный уровень содержания подвижного фосфора в условиях чернозёмов выщелоченных обеспечивали расчетная и биологизированная (балансовая) системы удобрения. Применение расчетной системы удобрения с насыщенностью минеральными 167 кг/га и органическими 5,0 т/га удобрениями позволяет накопить

высокий уровень подвижного фосфора – 31,9 мг/кг, что выше исходных значений на 7,9 мг/кг.

На чернозёме выщелоченном в течение 38-летнего периода расчетная система удобрения с насыщенностью 180 кг д.в./га + 7,5 т/га (1978–1993 г.) и 167 кг д.в./га + 5,0 т/га (2000–2015 г.) значительно увеличила содержание подвижного калия по сравнению с исходным значением и естественным агрохимическим фоном.

Рекомендованная и расчетная системы удобрения за 38-летний период способствуют достоверному снижению реакции рН на 0,6 и 0,7 ед. соответственно. Применение биологизированной с насыщенностью 120 кг д.в./га + 5,0 т/га (1978–1993 г.) и 62,5 кг д.в./га + 8,2 т/га (2000–2015 г.) системы удобрения способствует сохранению показателей рН на уровне естественного агрохимического фона – 6,53 ед.

Оптимизированные, на основе результатов длительного стационарного опыта, системы удобрения в севообороте и непосредственно под культуру в среднем увеличивают продуктивность севооборота. Наибольший эффект от применения систем удобрения получен на расчетной системе ($N_{86}P_{74}K_{11}$ + навоз, 5,0 т/га) в сочетании с отвальным способом обработки – 5,33 т/га з.е. Прибавки от биологизированной системы ($N_{43}P_{20}K_0$ + 8,8 т/га органических удобрений) по сравнению с

контролем оказались существенными (1,0; 0,66; 0,86 и 0,48 т/га з.е.), а уровень продуктивности севооборота равен полученному от применения рекомендованной системы ($N_{50}P_{59}K_6$ + навоз, 5 т/га).

На чернозёме выщелоченном производству рекомендуют две системы удобрения – биологизированную и расчетную. Биологизированная система удобрения, несмотря на меньшую продуктивность 1 га (40,0 ц з.е.), за счет минимизации затрат по сравнению с другими системами и с контролем снижала себестоимость 1 ц з.е. на 24,1-39,5 руб. и обеспечивала максимальный уровень рентабельности – 49,5%. Расчетная система для получения максимальной продуктивности (45,1 ц/га з.е.) предусматривала значительное увеличение производственных затрат по сравнению с контролем (67%), но благодаря росту продуктивности (на 37,5%) существенно увеличивала прибыль (соответственно на 31%).

Литература

1. Биологизация системы удобрения в севообороте / А. Н. Есаулко, В. В. Агеев, Ю. И. Гречишкина, О. А. Подколзин // *Агрохимический вестник*. – 2005. – № 2. – С. 18–19.
2. Гречишкина, Ю. И. Изменение агрохимических показателей чернозёма выщелоченного под влиянием оптимизации систем удобрения в севообороте / Ю. И. Гречишкина, А. Н. Есаулко, О. А. Подколзин // *Проблемы агрохимии и экологии*. – 2009. – № 1. – С. 3–7.
3. Влияние применения систем удобрения в звене севооборота на изменение форм фосфора в чернозёме выщелоченном / Ю. И. Гречишкина, С. А. Коростылев, В. В. Агеев [и др.] // *Вестник АПК Ставрополя*. – 2017. – № 4 (28). – С. 103–107.
4. Влияние систем удобрения и способов обработки почвы на реакцию почвенного раствора чернозёма выщелоченного и урожайность озимого ячменя / Н. В. Громова, А. Н. Есаулко, А. А. Беловолова, Ю. И. Гречишкина // *Агрохимический вестник*. – 2018. – № 4. – С. 24–26.
5. Роль стационара СтГАУ в решении агрохимических проблем в Географической сети длительных опытов с удобрениями / В. В. Агеев, А. Н. Есаулко, Ю. И. Гречишкина [и др.] // *Инновации аграрной науки и производства: состояние, проблемы и пути решения* : сб. тр. по материалам Междунар. науч.-практ. конф. – Ставрополь, 2008. – С. 22–25.
6. Изменение кислотности чернозёма выщелоченного при систематическом применении удобрений / Ю. И. Гречишкина, А. Н. Есаулко, М. С. Сигида [и др.] // *Эволюция и деградация почвенного покрова* : сб. науч. ст. по материалам IV Междунар. науч. конф. – Ставрополь, 2015. – С. 218–220.
7. The content of various forms of phosphorus in leached chernozem due to application of fertilizer systems / A. N. Esaulko, Y. I. Grechishkina, M.

S. Sigida [et al.] // *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*. – 2017. – Vol. 9, № 12. – P. 2498–2503.

8. *Справочник агрохимика Ставрополя* / В. Г. Сычев, А. В. Бурлай [и др.]. – Ставрополь : ООО «Дизайн-студия Б», 2019. – 644 с.
9. Влияние систем удобрения на содержание различных форм калия и пищевой режим чернозёма выщелоченного / С. А. Коростылев, Е. В. Голосной [и др.]. – Ставрополь : АГРУС, 2018. – 160 с.
10. Интегрированное влияние систем удобрения на формы фосфора и продуктивность звена севооборота горох – озимая пшеница – рапс яровой в условиях чернозёма выщелоченного Ставропольской возвышенности / Е. В. Голосной, С. А. Коростылев, [и др.]. – Ставрополь : АГРУС, 2019. – 158 с.

References

1. Biological system of fertilizers in crop rotation / A. N. Naulko, V. V. Ageev, Yu. I. Grechishkina, O. A. Podkolzin // *Agrochemical Herald*. – 2005. – No. 2. – P. 18–19.
2. Grechishkina, Y. I. Change of agrochemical indicators of leached Chernozem under the influence of the optimization of the systems of fertilizers in crop rotation / Grechishkina, Y. I., A. N. Naulko, O. A. Podkolzin // *Problems of agricultural chemistry and ecology*. – 2009. – No. 1. – p. 3–7.
3. The influence of the use of fertilizer systems in the link of crop rotation on the change in the forms of phosphorus in leached chernozem / Yu. I. Grechishkina, S. A. Korostylev, V. V. Ageev [et al.] // *Vestnik APK Stavropol*. – 2017. – № 4 (28). – S. 103–107.
4. The effect of fertilizing systems and methods of processing of the soil on the reaction of the soil solution of leached Chernozem and yield of winter barley / N. V. Gromov, A. N. Naulko, A. A. Belovolova, Y. I. Grechishkina // *Agrochemical Herald*. – 2018. – No. 4. – P. 24–26.
5. The role of the StGAU hospital in solving agrochemical problems in the geographical network of long-term experiments with fertilizers / V. V. Ageev, A. N. Esaulko, Yu. I. Grechishkina [et al.] // *Innovations of agrarian science and production: state, problems and solutions: collection of tr. based on the materials of the International Scientific and Practical Conference-Stavropol*, 2008. – p. 22–25.
6. The change in the acidity of leached Chernozem of the systematic use of fertilizers / Grechishkina, Y. I., A. N. Esaulko, M. S. Sigida [et al.] // *Evolution and degradation of the soil cover* : SB. nauch. article in proceedings of the IV Intern. nauch. Conf. – Stavropol, 2015. – Pp. 218–220.
7. The content of various forms of phosphorus in leached chernozem due to application of fertilizer systems / Esaulko N. A., Grechishkina Y. I., M. S. Sigida [et al.] // *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*. – 2017. – Vol. 9, No. 12. – P. 2498–2503.
8. Reference book of the agrochemist of Stavropol / V. G. Sychev, A. V. Burlay [et al.]. – Stavropol : LLC "Design Studio B", 2019. – 644 p.
9. The influence of fertilizer systems on the content of various forms of potassium and the food regime of leached chernozem / S. A. Korostylev, E. V. Golosnoy [et al.]. – Stavropol : AGRUS, 2018. – 160 p.
10. Integrated influence of fertilizer systems on the forms of phosphorus and productivity of the pea – winter wheat – spring rapeseed crop rotation link in the conditions of leached chernozem of the Stavropol upland / E. V. Golosnoy, S. A. Korostylev, [et al.]. – Stavropol : AGRUS, 2019. – 158 p.

45 YEARS FOR THE GOOD OF SCIENCE. RESULTS OF LONG-TERM EXPERIMENTS OF THE STAVROPOL SAU STATIONARY

V.G. Sychev¹, A.N. Yesaulko², Yu.I. Grechishkina², Ye.V. Golosnoy²

¹ Pryanishnikov Institute of Agrochemistry, Pryanishnikova ul. 31A, 127434 Moscow, Russia, e-mail: sychev55@mail.ru;

² Stavropol State Agrarian University, Zootechnicheskiy per. 12, 355017 Stavropol, Russia, e-mail: aesaulko@yandex.ru, lnwg@mail.ru, golosnoi@mail.ru

The stationary of the Department of Agrochemistry and Plant Physiology of the Stavropol State Agrarian University is 45 years old this year. During this period, a lot of fundamental scientific materials were obtained on the system of experiments on leached chernozem, as well as various methodological approaches to the assessment of agrocenoses of the Stavropol upland were studied. An important element of the modern concept of the functioning of a long-term experimental hospital is modeling and forecasting. This article summarizes the results of four crop rotation rotations. In 2021, the fifth rotation of the eight-field stationary crop rotation will be completed, so the data will be given for four rotations, taking into account the aftereffect (38 years). On leached chernozem, long-term use of fertilizer systems contributes to accelerated mineralization and greater consumption of humus. Against the background of the availability of 115–167 kg/ha of mineral and 5–8 t/ha of organic fertilizers, there is a stabilization of the availability of humus. The use of the calculated fertilizer system with a mineral saturation of 167 kg/ha and organic 5.0 t/ha allows to accumulate a high level of mobile phosphorus – 31.9 mg/kg, which is higher than the initial values by 7.9 mg/kg. The calculated fertilizer system (with a saturation of 180 kg/ha of active ingredient + 7.5 t/ha (1978–1993) and 167 kg/ha of active ingredient + 5.0 t/ha (2000–2015)) significantly increased the content of mobile potassium compared to the initial value and the natural agrochemical background. The recommended and calculated fertilizer systems contribute to a significant reduction in the pH response by 0.6 and 0.7 units, respectively. The use of a biologized (with a saturation of 120 kg/ha active ingredient + 5.0 t/ha (1978–1993) and 62.5 kg/ha d. v. + 8.2 t/ha (2000–2015)) fertilizer system contributes to the preservation of pH indicators at the level of the natural agrochemical background – 6.53 units. Key words: fertilizer system, leached chernozem, long-term experiments, Geoset, field experiments, stationary, nitrogen, phosphorus, potassium, organic matter.