

РЕЗУЛЬТАТЫ МОНИТОРИНГА УРОЖАЙНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР, ПРОДУКТИВНОСТИ СЕВООБОРОТОВ И ИЗМЕНЕНИЯ СВОЙСТВ ПОЧВ В ДЛИТЕЛЬНЫХ ОПЫТАХ ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ СЕТИ

*В.Г. Сычев, ак. РАН, М.В. Беличенко, к.б.н., ВНИИА, В.А. Романенков, д.б.н., МГУ
ВНИИА, ул. Прянишникова 31а, Москва, Россия, 127550
Московский государственный университет: 119992, Москва, Ленинские горы, 1-12, Россия
geosetvniia@gmail.com*

Даны краткий обзор инвентаризации длительных опытов Географической сети, факторы, которые в них изучают. Отмечены положительные примеры длительного применения минеральной и органоминеральной систем удобрения на фоне средств защиты растений. Обобщены результаты долгосрочных экспериментов на дерново-подзолистых, серых лесных, черноземных почвах, отмечены их характерные особенности и рассмотрены перспективные задачи. Показано, что при благоприятных погодных условиях и длительном систематическом применении минеральных и органических удобрений повышение урожайности достигается на фоне улучшения агрохимических свойств почв: повышения содержания подвижных форм фосфора и калия, стабилизации содержания гумуса.

Ключевые слова: длительные опыты, результаты, перспективные направления.

В 1941 г. приказом по Наркомату земледелия СССР была создана Географическая сеть опытов с удобрениями, задачей которой являлось изучение вопросов обоснования размещения минеральных удобрений, районирования их доз под важнейшие культуры, установления сроков и способов внесения, испытания различных новых форм и видов удобрений под единым методическим руководством ВИУА.

Цель стационарных опытов по изучению удобрений в севообороте - обеспечение прогрессивного увеличения урожая всех культур севооборота при улучшении плодородия почвы [2].

Географическая сеть опытов с удобрениями Российской Федерации является уникальной в мировом масштабе. В настоящее время в работе Геосети участвуют 65 научных учреждений, которые проводят более 130 полевых многолетних опытов с удобрениями, среди них более десяти опытов делятся свыше 70 лет.

Инвентаризация длительных полевых опытов Геосети показала следующее их распределение по регионам страны: наибольшее число опытов (47) проводят в Нечерноземной зоне Центрального федерального округа и в Приволжском федеральном округе (29), в Сибирском федеральном округе зарегистрировано 20 аттестованных длительных опытов, в Уральском федеральном округе - 7, Северо-Кавказском - 18, в Северо-Западном - 8, на Дальнем Востоке - только 3 опыта.

Факторы, которые изучают в длительных опытах помимо различных систем удобрения, распределены по-разному в зависимости от региона. В Нечернозем-

ной зоне большое внимание уделено известкованию и средствам защиты растений, в Черноземной зоне - севооборотам и системе обработки почвы, в Северо-Кавказском ФО - системе обработки почвы и внесению растительных остатков, влиянию орошения, в Приволжском ФО все изучаемые факторы распределены между опытами достаточно равномерно, в Сибирском ФО в большинстве опытов изучают средства защиты растений, системы обработки почвы, в Уральском ФО - внесение растительных остатков, зеленое удобрение, известкование и средства защиты растений, в Дальневосточном ФО - известкование, внесение растительных остатков и средства защиты растений.

Примером длительного применения минеральной и органоминеральной систем удобрения на фоне средств защиты растений является длительный опыт Центральной опытной станции ВНИИ агрохимии, проводимый в Московской области на дерново-подзолистой почве. В нем изучают действие комплексного применения средств химизации на продуктивность сельскохозяйственных культур, качество и безопасность продукции растениеводства, плодородие почвы, фитосанитарное состояние посевов и экологическое состояние агроландшафта. За 57 лет проведено 9 ротаций севооборота и экспериментально показано последовательное повышение урожайности озимой пшеницы с 3,5 до 6,5 т/га при применении удобрений в дозе $N_{90}P_{60}K_{90}$ совместно со средствами защиты растений, с достижением урожайности озимой пшеницы 8-9 т/га в благоприятные годы [1].

За этот период окупаемость минеральных удобрений возросла с 8 до 18 кг/кг д.в. удобрений. Рост урожайности и окупаемости удобрений происходил на фоне существенного улучшения основных агрохимических показателей почвы. Содержание подвижного фосфора возросло за 57 лет в 10 раз, и перешло из градации очень низкого до высокого; калия - вдвое от среднего до высокого, при стабилизации содержания гумуса выше 2%.

Тенденции к повышению урожайности культур и продуктивности севооборотов и улучшение свойств почв характерны для многих длительных опытов, проводимых на разных типах почв.

Продуктивность севооборотов за весь период проведения опыта, дозы и окупаемость удобрений и максимальная урожайность за последние 12 лет в наиболее показательных длительных опытах Геосети приведены в таблице.

Некоторые результаты длительных опытов Геосети

Почва	Учреждение	Год закладки опыта	Дозы удобрений, кг д.в./га	Продуктивность севооборота, ц з.е./га	Окупаемость удобрений, кг/кг	Максимальная урожайность культур в опыте, ц/га		
Дерново-подзолистая тяжело-суглинистая	ЦОС ВНИИА	1956	N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀	11,5-56,7	7,6-18,1	Озимая пшеница, 90		
	Пермский НИИСХ	1969	Контроль	15-25	-	Озимая пшеница, 57		
			N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	32-50	5,8-8,9	Яровая пшеница, 52		
			N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	39-45	2,4-3,2	Озимая рожь, 48 Ячмень, 53		
Дерново-подзолистая средне-суглинистая	Удмуртский НИИСХ	1971	N ₅₅ P ₅₀ K ₅₀	20-39	3,1-9,3	Яровая пшеница, 36 Озимая рожь, 67 Ячмень, 40		
Дерново-подзолистая супесчаная	ВНИИОУ	1968	Контроль	16-30	-	Озимая пшеница, 43 Ячмень, 54		
			N ₅₀ P ₂₅ K ₆₀	24-41	5,9-13,5			
	СибНИИСХиТ	1947	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	-	3,7-8,0	Яровая пшеница, 26 Озимая рожь, 40 Ячмень, 20		
Светло-серая лесная	Нижегородский НИИСХ	1978	N ₁₃₅ P ₉₀ K ₁₃₅ +Ca _{1,5}	-	-	Озимая пшеница, 55 Яровая пшеница, 47 Ячмень, 22		
Серая лесная	Владимирский НИИСХ	1991-1993	Контроль	29,0-32,9		Озимая пшеница, 50 Яровая пшеница, 72		
			N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀	36,4-39,7	5,4-8,6			
			N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	40-42,6	4,2-5,9			
	Брянская ГСХА	1983	Навоз 80+ N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	41,5-45,5	3,2-3,9			
Темно-серая лесная	Рязанский НИИСХ	1992-1994	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	37-90,3	6,9-9,0	Озимая пшеница, 58		
Чернозем выщелоченный	СибНИИЗиХ	1981	Контроль	9-24,1	-	Озимая пшеница, 46		
			N ₆₀ P ₃₀	15,6-40,6	16,9-24,9	Озимая рожь, 40		
	СибНИИСХ	1973	Контроль	К 16-25	4,1-13,6	Озимая пшеница, 27		
			От N ₅ P ₂₃ до N ₂₄ P ₃₉	19-42	Компл. ср-ва химизации 16,8-52,1			
	Челябинский НИИСХ	1971	N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀	21,9-40,5	2,8-6,4	Яровая пшеница, 37 Озимая рожь, 55 Ячмень, 44		
	Мордовский НИИСХ	1972	N ₁₈₃ P ₁₆₈ K ₁₆₄	39,3-45,1	3,0-4,6	Озимая пшеница, 41		
N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀			22,6-34,2	4,4-5,8	Яровая пшеница, 37 Озимая рожь, 52			
Кемеровский НИИСХ	1974	P ₆₀	21-25	8,5-10,3	Яровая пшеница, 44 Ячмень, 60			
Чернозем обыкновенный	Ставропольский ГАУ	1978	N ₉₀ P ₈₀ K ₃₀	-	4,4-12,7	Озимая пшеница, 70 Ячмень, 68		
	Кабардино-Балкарский НИИСХ	1948 орошение	Контроль	15,9	Орош. 21,8	При орошении Озимая пшеница, 57 Кукуруза на зерно, 76		
			N ₆₀ P ₆₃ K ₄₅	25,5	Орош. 45,5		4,1-6,7	Орош. 14,7-18
			N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ + навоз 50 т/га + сидераты + солома	27,4	Орош. 48,9		4,2-6,6	Орош. 14,3-17
	Ставропольский НИИСХ	1975	Контроль	18,2-32,3	-	Озимая пшеница, 75		
Донской ЗНИИСХ	1974	N ₁₂₀ P ₁₅₀ K ₁₂₀	24,2-44,2	1,7-4,0	Озимый ячмень, 98			
			N ₆₆ P ₄₇ K ₃₃	27-63	13,5-21,3	Озимая пшеница, 88		
Чернозем типичный	Поволжский НИИСС	1978	N ₆₀ P ₉₀ K ₃₀	-	1,8-3,5	Озимая пшеница, 41 Яровая пшеница, 31 Ячмень, 30		
	Тамбовский НИИСХ	1972	N ₄₈ P ₅₅ K ₅₂	37-63	2,0-11,4	Озимая пшеница, 57 Яровая пшеница, 36 Ячмень, 55		
			N ₄₈ P ₅₅ K ₅₂ + 15т/га навоз N ₉₆ P ₁₁₀ K ₁₀₄	37-70	3,3-7,5			
	ВНИИЗиЗПЭ	1984	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	-	-	Озимая пшеница, 39 Ячмень, 55		
Белгородский НИИСХ	1986	Контроль	48,8-39,2		Озимая пшеница, 86 Ячмень, 33			
		навоз 16 т/га+ (NPK) ₁₂₄	71,2-79,5	4,2-8,4				
Чернозем южный	НИИСХ Юго-Востока	1969		13,4-26,5	-	Озимая пшеница, 40		
			N ₃₂ P ₁₃ K ₉	18,1-35,4	4,3-16,5	Яровая пшеница, 28		
			N ₅₅ P ₁₈ K ₉	18,1-36,2	4,0-12,1	Озимая рожь, 46 Ячмень, 38		
Каштановая супесчаная	Бурятский НИИСХ	1967	Контроль	22,9-7,2	-	Яровая пшеница, 27 Овес, 46		
			N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀	32,4-8,3	3,3-14,0			
			P ₂ O ₅ +нав. 20т+NPK экв 20т	37,1-8,6	-			
Лугово-буряя	Приморский НИИСХ	1941	N ₄₅ P ₆₀ K ₄₅		1,1-8,2	Озимая пшеница, 45		
Луговая черноземовидная	ВНИИ сои	1962-1964	N ₂₄	92-141	3,7	Озимая пшеница, 36 Соя, 24		
			N ₄₂ P ₄₈	101-148	2,6			
			N ₂₄ P ₃₀ +нав.4,8 т/га	97-150	3,9			

Обобщение результатов длительных опытов по типам почв [3] показывает следующее. На дерново-подзолистых суглинистых почвах продуктивность севооборотов при применении средних доз минеральных удобрений (до $N_{90}P_{60}K_{90}$) повышается до 5 раз.

На дерново-подзолистых почвах легкого гранулометрического состава максимальная продуктивность севооборотов достигается при органоминеральной системе удобрения при невысоких дозах (до $N_{50}P_{25}K_{60}$) на органическом фоне. Наибольшая окупаемость удобрений характерна для минеральной системы удобрения.

Содержание подвижного фосфора в дерново-подзолистых почвах несколько возрастает, подвижного калия – значительно повышается в удобренных вариантах. Кислотность усиливается, в наибольшей степени в максимально удобренном варианте. Содержание гумуса снижается во всех вариантах, в наиболее удобренном варианте отмечены наименьшие потери гумуса.

На серых лесных почвах продуктивность достигает максимума при применении минеральных удобрений в дозе $N_{90}P_{90}K_{90}$, окупаемость составляет 9 кг/кг д.в. удобрений. Содержание гумуса в серых лесных почвах снижается на контроле, практически не меняется в минеральных вариантах, немного увеличивается при максимальных дозах органоминеральных удобрений. Содержание фосфора возрастает в наиболее удобренном варианте почвы почти в 3 раза, калия – в 2 раза.

На выщелоченном черноземе максимальная продуктивность составляет 45 ц з.е/га, окупаемость удобрений изменяется от 4,6 при высоких дозах удобрений ($N_{183}P_{168}K_{164}$) до 25 кг/кг д.в. при $N_{60}P_{30}$. Содержание гумуса в выщелоченном черноземе не изменяется или повышается в наиболее удобренных вариантах, подвижного фосфора – растет, подвижного калия – немного снижается во всех вариантах, обменная кислотность повышается.

В опытах на черноземе обыкновенном максимальная продуктивность севооборотов при применении средних и высоких доз минеральных удобрений составляет в среднем 40 ц з.е/га, достигая окупаемости 10 кг/кг д.в. удобрений. Орошение повышает продуктивность контроля на 6 ц/га, минеральной и органоминеральной систем удобрения, соответственно, на 24 и 27 ц/га.

На черноземе типичном максимальная продуктивность севооборотов 80 ц з.е/га получена при применении органоминеральной системы удобрения [навоз, 16 т/га + (NPK)₁₂₄]. Максимальная окупаемость удобрений характерна для минеральной системы ($N_{48}P_{55}K_{52}$). В удобренных вариантах показатели плодородия почвы – содержание гумуса, подвижных форм фосфора и калия – повышаются, кислотность растет. Отмечено положительное влияние удобрений на качество зерна.

На каштановой супесчаной почве динамика содержания гумуса, подвижных форм фосфора и калия свидетельствует о тенденции к их снижению на контроле, стабилизации на исходном уровне в минеральном ($N_{40}P_{40}K_{40}$) и органоминеральном (навоз 10 т/га + NPK – экв 10 т/га) вариантах и относительном увеличении при внесении навоза.

В опыте на луговой черноземовидной почве длительное систематическое внесение удобрений повышает относительно контроля и исходных значений содержание гумуса в пахотном слое на 0,07-0,30%. Обеспе-

ченность почв подвижным фосфором при внесении $N_{24}P_{30}$ повысилась до 45 мг/кг почвы, а в вариантах $N_{42}P_{48}$ и $N_{42}P_{48}$ + навоз, 4,8 т/га – до 85 мг/кг почвы.

При благоприятных погодных условиях и длительном систематическом применении минеральных и органических удобрений повышение урожайности достигается на фоне улучшения агрохимических свойств почв: увеличения содержания подвижных форм фосфора и калия, стабилизации содержания гумуса.

Обобщение длительных полевых опытов, проводимых в Нечерноземной зоне, показало, что в зависимости от степени окультуренности почвы повышение урожаев от внесения удобрений в благоприятные годы для зерновых культур составляет 20-50%, возрастая в неблагоприятные годы до 3-6 раз, а для картофеля – до 2,5-3 раз.

Отсутствие роста прибавок по отношению к контролю или роста урожайности от ротации к ротации в некоторых опытах Геосети свидетельствует о необходимости постоянной корректировки системы удобрения. Дальнейшее повышение продуктивности севооборота может быть достигнуто за счет не только изменения применяемых доз удобрений, но и использования соломы в качестве удобрения, применения зеленого удобрения в занятых парах и в промежуточных посевах, комплекса средств защиты растений, как это было в опытах ТСХА, Брянской ГСХА, ВНИИОУ, ЦОС ВНИИА, Иркутского НИИСХ, Кемеровского НИИСХ и в других научных учреждениях Геосети.

Заключение. За 75-летний период существования учреждениями Географической сети опытов с удобрениями проведена значительная работа по изучению влияния удобрений на продуктивность сельскохозяйственных культур, качество растениеводческой продукции, свойства почв, обоснованию их эффективного использования в различных природных и хозяйственных условиях. Благодаря данным работам, успешно решены задачи химизации сельского хозяйства и обеспечена продовольственная безопасность страны.

Важнейшими задачами развития Геосети в современный период являются: создание электронных баз данных результатов опытов [4], которые расширят возможности использования опытной информации; соблюдение методологии проведения исследований; совершенствование схем опытов, агротехники, использование интенсивных сортов и средств химизации.

Литература

1. Ваулина Г.И., Алиев А.М. Роль средств химизации в энергосберегающих агротехнологиях производства сельскохозяйственной продукции на дерново-подзолистых суглинистых почвах Центрального Нечерноземья // 75 лет Географической сети опытов с удобрениями: Материалы Всерос. совещ. научных учреждений-участников Геосети. - М.: ВНИИА, 2016. - С. 38 - 53.
2. Романенков В.А. Методические вопросы и координация исследований длительных полевых опытов Геосети // Тезисы докл. Межд. научно-практ. конф. «Фундаментальные исследования по созданию новых средств химизации и наследие академика Д.Н.Прянишникова». - М.: ВНИИА, 2015. - С. 128 - 134.
3. Сычев В.Г., Романенков В.А., Беличенко М.В., Листова М.П., Шевцова Л.К., Рухович О.В., Чистотин М.В., Лошаков В.Г. Итоги и перспективные программы исследований в длительных агрохимических полевых опытах Геосети // Бюлл. Геосети опытов. Вып. 23. - М.: ВНИИА, 2016. 60 с.
4. Сычев В.Г., Рухович О.В., Романенков В.А., Беличенко М.В., Листова М.П. Опыт создания единой систематизированной базы данных полевых опытов Агрохимслужбы и Геосети «Агрогеос» // Проблемы агрохимии и экологии. - 2008. - №3. - С. 35 - 38.

RESULTS OF MONITORING CROP YIELDS, PRODUCTIVITY OF CROP ROTATIONS, AND CHANGES IN SOIL PROPERTIES IN LONG-TERM EXPERIMENTS OF GEOGRAPHIC NETWORK

V.G. Sychev¹, M.V. Belichenko¹, V.A. Romanenkov^{1,2}

¹*Pryanishnikov All-Russian Research Institute of Agrochemistry, ul. Pryanishnikova 31A, Moscow, 127550 Russia*

²*Moscow State University, Leninskie Gory 1-12, Moscow, 119992 Russia E-mail: geosetvniia@gmail.com*

A brief overview of the Geographic Network long-term experiments and the factors studied is given. Positive examples of the long-term use of mineral and organo-mineral fertilizing systems in combination with plant protection are noted. The results of long-term experiments on soddy-podzolic, gray forest, and chernozemic soils are generalized; their characteristic features are noted, and perspective tasks are considered. It is shown that, under favorable weather conditions and prolonged systematic use of mineral and organic fertilizers, an increase in yield is achieved against the background of improved agrochemical properties of soils: an increase in the contents of mobile phosphorus and potassium and stabilization of humus content.

Keywords: long-term experiments, results, promising directions.

ТРАНСФОРМАЦИЯ КАЛИЯ В ПОЧВАХ АГРОЦЕНОЗОВ БЕЗ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ

В.Г. Сычев, ак. РАН, Л.В. Никитина, к.б.н, ВНИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова 127550, Москва, ул. Прянишникова, д. 31а, e-mail: kalinik@bk.ru

Исследования, проведенные в длительных опытах в различных почвенно-климатических зонах, свидетельствуют о необходимости оценки условий калийного питания растений при длительном сельскохозяйственном использовании разных типов почв без удобрений по содержанию в почвах как обменного, так и необменного калия. Показано, что в агроценозах без применения удобрений в условиях некомпенсируемого выноса калия формирование урожая обеспечивалось за счет мобилизации природного необменного калия под влиянием растений. В дерново-подзолистой и серой лесной почвах при среднегодовом уровне продуктивности 20,5-28,6 ц з.е/га ежегодно использовалось дополнительно из почвенных запасов супесчаной почвы 47,9 кг K₂O/га, тяжелосуглинистой - 39,5-61,6 и серой лесной - 60 кг K₂O/га. На исходно богатых калием черноземах в вариантах без удобрений при среднегодовом уровне продуктивности 28,9-45,0 ц з.е/га на долю мобилизованного необменного калия приходится 80,0-99,0% в общем выносе этого элемента с урожаем. Интенсивность мобилизации необменного калия на чернозёмных почвах составляла 57,0-95,0 кг K₂O/га в год. В светлокаштановых почвах при среднегодовой продуктивности орошаемых полевых севооборотов 46,2-55,0 ц з.е/га ежегодная мобилизация необменного калия была очень высокой - 139-144 кг K₂O/га.

Ключевые слова: длительные опыты, обменный и необменный калий, дерново-подзолистые и серые лесные почвы, выщелоченные черноземы, каштановые почвы, почвенно-климатические зоны, агроценозы.

Сокращение применения удобрений в стране, в том числе калийных, привело к тому, что формирование урожая сельскохозяйственных культур за последние 20 лет происходит в основном за счет естественного плодородия почв и запасов питательных веществ, созданных предшествующей удобренностью [9]. Исследованиями в длительных опытах, проведённых в различных почвенно-климатических зонах страны, установлено, что при постоянном выносе калия урожаем сельскохозяйственных культур, при дефицитном балансе в почвах агроценозов наблюдалось как снижение содержания обменного калия [10, 14], так и увеличение его количества или сохранение на уровне, близком к исходному [5, 6, 16]. Известно, что в почве все время идут два противоположно

направленных процесса – трансформация необменных форм калия в обменную (мобилизация калия) и переход обменной формы в необменную (фиксация калия) [11]. Когда при дефицитном балансе содержание обменного калия в течение вегетации не изменяется, повышается или снижается наблюдается превалирование процесса мобилизации над фиксацией, т.е. растения полностью удовлетворяют свои потребности в этом элементе питания за счёт необменных форм. Участие необменного калия в питании растений установлено К.К. Гедройцем [3] и подтверждено работами ряда исследователей в последующие годы [6, 8, 11, 15, 16].

По данным [8] в вариантах без внесения удобрений на долю мобилизованного необменного калия приходится от 60 до 100% выноса элемента растениями.

Цель исследований – определить участие обменного и необменного калия в почвах агроценозов при длительном сельскохозяйственном их использовании без применения удобрений.

Методика. Для установления закономерностей изменения калийного режима почв, динамики этих изменений, а также определения их агрономической значимости, исследования калийного режима почв разного типа и гранулометрического состава в длительных опытах проводили по единым программе и методике [12]. При определении обменного калия в почвах использовали метод Масловой (1М CH₃COONH₄). О преимуществах этого метода свидетельствует ряд испытаний, проведённых на разных почвах [2]. Данные об участии обменного и необменного калия в питании растений получены расчетным путем. Количество калия, использованного растениями из обменной формы, рассчитывали по разности между содержанием обменного калия в почве до закладки опыта и после прохождения полной ротации севооборота. Участие необменного калия в питании растений определяли по разности между общим выносом калия урожаем и убылью обменного калия в почве за одну или несколько ротаций севооборота.

Результаты и их обсуждение. По данным [10, 11, 14, 15] вынос калия с урожаем часто существенно превосходит его содержание в почве в обменной форме и значительная часть калия в общем выносе приходится на долю необменной формы этого элемента