

## ИЗМЕНЕНИЕ АГРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЛУГОВОЙ ЧЕРНОЗЕМОВИДНОЙ ПОЧВЫ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ АГРОГЕННЫХ ФАКТОРОВ В ЗЕРНО-СОЕВОМ СЕВООБОРОТЕ

© 2024 г. В. Т. Синеговская<sup>1,\*</sup>, Е. Т. Наумченко<sup>1</sup>, Е. В. Банецкая<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт сои»  
675000 Амурская обл., Благовещенск, Игнатьевское шоссе, 19, Россия

\*E-mail: valsin09@gmail.com

В длительном стационарном опыте по изучению системы удобрений в севообороте, заложенном в 1962–1964 гг. на луговой черноземовидной почве в южной природно-климатической зоне Амурской области, изучили влияние длительного использования минеральной и органо-минеральной систем удобрения на агрохимические свойства луговой черноземовидной почвы во взаимосвязи с уровнем урожайности культур в севообороте. Применение одних минеральных удобрений и совместно с органическими обеспечило увеличение содержания в почве подвижного фосфора в 2.0–2.5 раза, его подвижность – в 2.9–3.5 раза относительно контроля. Длительное применение органо-минеральной системы удобрения привело к увеличению содержания гумуса на 0.69% и сохранению показателей кислотности на уровне исходного, в то время как внесение только минеральных удобрений повысило гидролитическую и обменную кислотности. Урожайность пшеницы при внесении N30 на фоне длительного применения удобрений к 12-й ротации севооборота повышалась на 0.58 т/га относительно контроля, при его последействии – на 0.30 т/га. При этом урожайность сои составляла 2.42–2.62 т/га. Установлено, что продуктивность севооборота на 73% определялась изменением показателей содержания гумуса, почвенной кислотности и содержания подвижного  $P_2O_5$  в слое 0–20 см почвы. Связь продуктивности севооборота с содержанием гумуса была слабой ( $\beta = 0.26$ ), гидролитической кислотностью – средней обратной ( $\beta = -0.57$ ), обменной кислотностью – сильной обратной ( $\beta = -0.81$ ) и содержанием фосфора – сильной ( $\beta = 0.84$ ). Величины р-уровней и коэффициентов Стьюдента свидетельствовали о том, что гидролитическая и обменная кислотности, содержание подвижного фосфора были статистически значимыми переменными.

**Ключевые слова:** удобрения, агрохимические свойства почвы, подвижный фосфор, длительный стационарный опыт, луговая черноземовидная почва, севооборот, урожайность, соя, пшеница.

**DOI:** 10.31857/S0002188124120027, **EDN:** VWLSXZ

### ВВЕДЕНИЕ

Уровень плодородия почвы определяется в первую очередь запасами органического вещества и питательных веществ. Общеизвестно, что при вовлечении почвы в сельскохозяйственный оборот происходят существенные изменения ее минеральной и органической составляющей за счет размыкания биологического круговорота, связанного с отчуждением растительной продукции с урожаем. Нарушение баланса питательных веществ, в свою очередь, приводит к снижению плодородия почвы и урожайности сельскохозяйственных культур [1–3]. Повышение плодородия пахотных почв связано с использованием комплекса мероприятий по оптимизации их агрохимических, физико-химических и биологических свойств [4, 5]. К числу важнейших из них принадлежит разработка научно обоснованных систем

применения удобрений. Длительное изучение свойств пахотных почв с выявлением изменения агрохимических показателей необходимо для определения их влияния на уровень урожайности сельскохозяйственных культур в зависимости от размещения посевов в системе севооборота с учетом биологических особенностей каждой культуры и воспроизводства плодородия почвы [6, 7]. В этой связи объективно оценить изменение агрохимического состояния почвы в зависимости от уровня продуктивности культур в севообороте под действием применения сравнительно невысоких доз минеральных и органических удобрений возможно только в длительных стационарных полевых опытах [8–10].

В течение 62-х лет в 5-польном зерно-соевом севообороте ФНЦ ВНИИ сои проводят мониторинг плодородия луговой черноземовидной почвы на фоне

применения различных систем удобрения. В конце каждой ротации определяют показатели агрохимической характеристики и их влияние на продуктивность культур севооборота.

Цель работы – изучить влияние длительного использования минеральной и органо-минеральной систем удобрения на агрохимические свойства луговой черноземовидной почвы во взаимосвязи с уровнем урожайности культур в севообороте.

### МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

В Российской Федерации более 80 лет существует Географическая сеть опытов с удобрениями, созданная Д.Н. Прянишниковым, в которой зарегистрирован длительный стационарный опыт ВНИИ сои по изучению системы удобрений в зерно-соевом севообороте. Исследование в длительном опыте предполагает мониторинг плодородия и продуктивности пашни в южной природно-климатической зоне Приамурья.

Полевой опыт заложен в 1962–1964 гг. в 5-польном севообороте с соей (40%), пшеницей (40%) и однолетними травами – 20% (табл. 1).

Повторность в опыте – трехкратная во времени и пространстве. Общая площадь делянки – 180 м<sup>2</sup>, учетная – 75 м<sup>2</sup>. Опыты выполнены после зяблевой вспашки в комплексе с весенней культивацией и боронованием почвы. Согласно схеме опыта, применяли минеральные удобрения в форме N<sub>aa</sub>, P<sub>cd</sub> и K<sub>x</sub>. В качестве органического удобрения вносили полуперепречий навоз крупного рогатого скота. В почве определяли величину рН<sub>KCl</sub> потенциометрическим методом, гидролитическую кислотность – методом Каппена в модификации ЦИНАО, подвижный фосфор – методом Кирсанова, подвижность фосфат-иона – по Карпинскому – Замятиной, гумус – по методу Тюрина в модификации

Пономаревой – Плотниковой. Урожайность пшеницы и сои учитывали методом сплошного обмолота комбайном «John Deer 3070», сое-овсяной смеси – вручную с 3-х пробных площадок на каждой делянке опыта. Для проведения аналитических расчетов корреляционно-регрессионного анализа использовали пакеты программ Microsoft Office и Statistica 10.0.

Климат Амурской области относится к муссонному по характеру формирования и к резко континентальному – по температурным признакам. Он характеризуется большим количеством солнечных дней, коротким безморозным периодом, значительными изменениями количества осадков и температуры. Агроклиматические условия данной территории позволяют успешно возделывать многие сельскохозяйственные культуры, в том числе теплолюбивые – сою. Луговые черноземовидные почвы (Классификация и диагностика почв СССР, 1977) составляют основной фонд пашни на Зейско-Буреинской равнине. Они обладают сравнительно высоким потенциальным плодородием и могут обеспечить получение высоких урожаев сельскохозяйственных культур при соответствующем уровне агротехники.

Пахотный слой почвы опытного участка имел слабокислую реакцию, среднюю величину потенциальной гидролитической кислотности и повышенную сумму поглощенных оснований. В составе поглощенных катионов преобладал ион кальция. Степень насыщенности основаниями – высокая (>80%). Особенностью луговой черноземовидной почвы является сравнительно высокое потенциальное плодородие с низким содержанием минерального азота (25–42 мг/кг почвы) и подвижного фосфора (28–32 мг/кг), при этом содержание подвижного калия очень высокое (170–240 мг/кг почвы).

Таблица 1. Схема длительного стационарного опыта

Внесено удобрений, кг д.в.		Однолетние травы, соя + овес	Соя	Пшеница	Соя	Пшеница
ежегодно на 1 га севооборотной площади	в сумме за ротацию					
Без удобрений	Без удобрений	0	0	0	0	0
N42P48	N210P240	N90P90	P60	N60P30	P30	N60P30
N24P30 + навоз 4.8 т/га	N120P150 + навоз 24 т/га	N60P30 + навоз 12 т/га	N30P60	N30	P60 + навоз 12 т/га	0

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В процессе длительного исследования выявлены наибольшие отклонения показателей агрохимического состояния пахотного слоя луговой черноземовидной почвы при использовании в системе минеральных и органо-минеральных удобрений относительно варианта без их внесения (табл. 2).

Применение минеральной системы удобрения (N42P48) повысило на 0.50 ммоль-экв/100 г почвы величину гидролитической кислотности по сравнению с контролем и на 13% относительно исходного показателя. При этом обменная кислотность ( $pH_{KCl}$ ) увеличилась соответственно на 0.3 и 0.2 ед.  $pH$ . При замене части минеральных удобрений эквивалентным количеством органических (N24P30 + навоз 4.8 т/га) ухудшения физико-химических свойств почвы не установлено. Следует отметить снижение кислотности в слое 20–40 см почвы относительно слоя 0–20 см, что отчасти можно объяснить действием физиологической кислотности аммиачной селитры ( $(NH_4NO_3)$ ) и непромывным режимом данного типа сезонно-мерзлотных почв. Длительное совместное применение органических и минеральных удобрений увеличило содержание гумуса на 0.69% относительно его исходного показателя и на 0.40% по отношению к контролю. Анализ соотношения численности функциональных групп микроорганизмов ( $K_t$ ) выявил, что при внесении органических удобрений интенсивность трансформации растительных остатков в органическое вещество почвы в среднем за вегетацию увеличилась в 1.7–3.7 раза относительно контроля, а при их последействии – в 1.2–1.6 раза [11]. В этой связи можно предположить, что при длительном внесении удобрений процесс накопления гумуса проходил интенсивнее по сравнению с контролем. При этом в год их непосредственного внесения этот процесс происходил активнее, чем в последействии.

Длительное использование минеральной и органо-минеральной систем удобрения повысило содержание подвижного фосфора относительно контроля в 2.0–2.5 раза, по сравнению с исходным содержанием (20 мг/кг почвы) – в 4.0 раза. Одновременно увеличилась степень подвижности фосфат-иона относительно контроля в 2.9–3.5 раза. В подпахотном слое 20–40 см отмечено снижение содержания фосфора и его подвижности в 2 раза относительно верхнего слоя почвы.

Проведение оценки влияния удобрений на продуктивность культур севооборота в длительном полевом опыте имеет преимущество перед краткосрочными опытами, т.к. позволяет вести мониторинг агрохимических изменений свойств почвы и оценивать продуктивность культур в севообороте, учитывая все факторы вегетации растений.

Внесение повышенной дозы азотно-фосфорных удобрений в 1-й ротации длительного севооборота (1963–1967 гг.) обеспечило максимальную урожайность сои – 1.58 т/га против 1.50 т/га в контроле. При прохождении первых 6-ти ротаций наиболее эффективно было внесение фосфорных удобрений (P60), прибавка относительно контроля составляла 0.23 т/га [12]. По истечении 8-ми ротаций, когда содержание подвижных форм фосфора в почве увеличивалось соответственно нагрузке удобрениями, достигалась стабильно высокая урожайность сои, которая зависела также от гидротермических условий вегетационного периода [13]. Эта особенность зависимости урожайности сои от содержания фосфора в почве (при дозе P60) в благоприятных гидротермических условиях ( $R = 0.71$ ) была выявлена в период формирования генеративных органов, что обеспечивало стабильный урожай зерна на уровне 2.0 т/га [14]. В посевах пшеницы гидротермические условия в период кущения–колошения определяли изменение

**Таблица 2.** Влияние длительного внесения удобрений на агрохимические показатели луговой черноземовидной почвы

Внесено удобрений, кг д.в.	Глубина слоя почвы, см	Кислотность		$P_2O_5$		Гумус, %
		гидролитическая, ммоль-экв/100 г	обменная, ед. $pH$	0.2 Н- $HCl$ , мг/кг	0.03 Н- $K_2SO_4$ , мг/л	
за 12 ротаций (60 лет)	ежегодно на 1 га севооборотной площади					
Без удобрений	0	3.86	5.1	35	0.061	4.49
	20–40	3.63	5.2	21	0.030	3.83
N2520 P2880	N42P48	0–20	4.39	4.9	88	0.216
		20–40	3.52	5.0	41	0.091
N1440 P1800 + навоз 288 т/га	N24P30 + навоз 4.8 т/га	0–20	3.79	5.1	71	0.177
		20–40	3.06	5.2	39	0.071
$HCP_{05}$ слой 0–20 см			0.39	0,1	26	0.06
$F_{\text{факт}} (F_{\text{теор}} = 2.59)$			5.61	3.7	9.33	17.6
						2.87

урожайности пшеницы на 75% ( $R=0.87$ ). Подобные результаты исследования получены и в 12-й ротации севооборота. Например, агротехнические условия возделывания сои в севообороте при длительном внесении удобрений реализовывались с более высоким результатом при благоприятном гидротермическом режиме южной зоны Амурской обл., что обеспечило в среднем за годы исследования урожайность сои сорта Сентябринка 2.62 т/га при внесении Р60 (табл. 3).

Применение азотных удобрений (N30) при последействии применения органо-минеральной системы удобрения увеличивало урожайность пшеницы сорта Арюна в 3-м поле севооборота на 0.58 т/га относительно контроля. Следует отметить существенное увеличение (на 0.30 т/га) урожайности пшеницы (5-й культуры севооборота) при длительном последействии органо-минеральной системы удобрения. Корреляционно-регрессионным анализом агрохимических показателей 3-х закладок во времени за 11 ротаций севооборота выявлена тесная их связь с урожайностью сои и пшеницы (табл. 4).

**Таблица 3.** Влияние длительного внесения удобрений на урожайность культур севооборота, т/га (12-я ротация, среднее за 3 года)

Соя (2-я культура), 2019, 2020, 2023 гг.		Пшеница (3-я культура), 2019–2021 гг.		Соя (4-я культура), 2020–2022 гг.		Пшеница (5-я культура), 2021–2023 гг.	
1	2	1	2	1	2	1	2
0	2.43	0	2.50	0	2.43	0	2.36
P60	2.48	N60P30	3.10	P30	2.62	N60P30	2.97
N30P60	2.55	N30	3.08	P60 + навоз 12 т/га	2.54	0	2.66
HCP <sub>05</sub>	0.18		0.28		0.26		0.28
<i>F</i> <sub>факт</sub>	1.49		5.73		0.98		6.67
<i>F</i> <sub>теор</sub> = 2.59							

Примечание. В графе 1 – внесено удобрений, кг д.в./га, 2 – урожайность, т/га.

**Таблица 4.** Зависимость урожайности сои и пшеницы от агрохимических показателей луговой черноземовидной почвы при разных системах удобрения

Среднегодовая нагрузка удобрениями на 1 га севооборотной площади	Уравнение множественной регрессии	<i>n</i>	<i>R</i>	β-коэффициент		
				N <sub>мин</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	pH <sub>KCl</sub>
<b>Соя</b>						
0 (контроль)	$Y = 138.25 + 0.07x_1 - 3.64x_2$	22	0.76	–	0.12	-0.71
N42P48	$Y = 57.98 + 0.04x_1 - 8.11x_2$	22	0.62	–	0.34	-0.30
N24P30 + навоз 4.8 т/га	$Y = 70.07 + 0.06x_1 - 10.41x_2$	22	0.61	–	0.37	-0.31
<i>Y</i> – урожайность (т/га), <i>x</i> <sub>1</sub> – P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (мг/кг), <i>x</i> <sub>2</sub> – pH <sub>KCl</sub> (ед.)						
<b>Пшеница</b>						
0 (контроль)	$Y = 6.05 + 0.19x_1 + 0.38x_2$	22	0.59	0.15	0.52	–
N42P48	$Y = 14.64 + 0.219x_1 + 0.09x_2$	22	0.57	0.35	0.38	–
N24P30 + навоз 4.8 т/га	$Y = 14.53 + 0.19x_1 + 0.09x_2$	22	0.53	0.27	0.42	–
<i>Y</i> – урожайность (т/га), <i>x</i> <sub>1</sub> – N <sub>мин</sub> (мг/кг, в фазе кущения), <i>x</i> <sub>2</sub> – P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (мг/кг)						

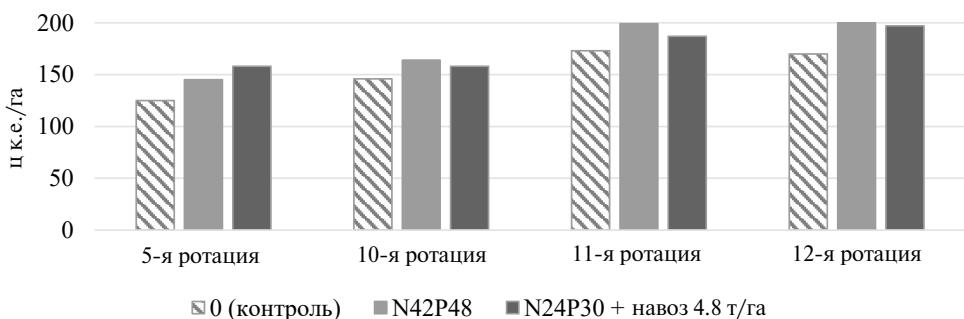


Рис. 1. Влияние длительного внесения удобрений на продуктивность зерно-соевого полевого севооборота, к.е. ц/га

удобрения, с превышением относительно 5-й ротации на 27.5 и 19.8% соответственно. Возделывание культур в севообороте без внесения удобрений обеспечило рост его продуктивности к 12-й ротации на 26.5%. Корреляционно-регрессионным анализом связи агрохимических показателей луговой черноземовидной почвы с продуктивностью севооборота установлено, что на 73% она определялась изменениями почвенной кислотности, содержания гумуса и подвижного  $P_2O_5$  в слое 0–20 см почвы (табл. 2). При этом связь продуктивности с содержанием гумуса была слабой ( $\beta = 0.26$ ), гидролитической кислотностью – средней обратной ( $\beta = -0.57$ ), обменной кислотностью – сильной обратной ( $\beta = -0.81$ ) и содержанием фосфора – сильной ( $\beta = 0.84$ ). Величины  $p$ -уровней и коэффициентов Стьюдента свидетельствовали о том, что гидролитическая и обменная кислотности, содержание подвижного фосфора были статистически значимыми переменными.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, применение минеральной системы удобрения в течение 60-ти лет с ежегодной нагрузкой N42P48/га севооборотной площади существенно повысило величину гидролитической и обменной кислотности по сравнению с контролем. При замене части минеральных удобрений эквивалентным количеством органических (N24P30 + навоз 4.8 т/га) их внесение не привело к ухудшению физико-химических свойств почвы. Длительное использование минеральной и органо-минеральной систем удобрения увеличило содержание в почве подвижного фосфора в 2.0–2.5 раза, подвижность фосфат-иона – в 2.9–3.5 раза относительно контроля. Особен-но важным было увеличение содержания гумуса на 0.69% относительно его исходного показателя и на 0.40% по сравнению с контролем при длительном совместном применении органических и минеральных удобрений. Улучшение агрохимических свойств луговой черноземовидной почвы при длительном систематическом внесении удобрений в течение 12-ти ротаций 5-польного

севооборота, особенно в благоприятных гидротермических условиях, обеспечило в среднем за годы исследования урожайность сои сорта Сентябринка на уровне 2.42–2.62 т/га. Последействие применения органо-минеральной системы удобрения в 5-м поле севооборота повысило урожайность пшеницы на 0.30 т/га, в 3-м поле при внесении N30 – на 0.58 т/га относительно контроля. Урожайность сои, возделываемой без удобрений, была тесно связана с показателями обменной кислотности и содержания подвижного фосфора в почве, пшеницы – с содержанием подвижного фосфора и минерального азота. Продуктивность севооборота к 12-й ротации возрастала как при использовании удобрений, так и за счет чередования культур в севообороте без применения удобрений.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Селезнева Н.А., Тишикова А.Г., Федорова Т.Н., Савченко Н.Е., Асеева Т.А. Изменение химических и микробиологических свойств почвы при антропогенном воздействии в полевом севообороте // Достиж. науки и техн. АПК. 2020. Т. 34. № 6. С. 5–10.
- Скороходов В.Ю. Биологический фактор воспроизводства гумуса и поддержания плодородия почвы в условиях степной зоны Южного Урала // Плодородие. 2021. № 2(119). С. 55–59.
- Храпач В.В., Кожевников В.И., Годунова Е.И. Влияние различных формаций на агрохимические свойства агрочерноземов Центрального Предкавказья // Достиж. науки и техн. АПК. 2022. Т. 36. № 5. С. 11–15.
- Шулико Н.Н., Хамова О.Ф., Тимохин А.Ю., Тукмачева Е.В. Изменение биологических и агрохимических свойств орошаемой лугово-черноземной почвы при длительном применении удобрений // Плодородие. 2022. № 4(127). С. 71–78.
- Жарикова Е.А., Бурдуковский М.Л., Голодная О.М. Агрохимические параметры плодородия пахотных луговых дифференцированных почв Приморского края в условиях длительного сельскохозяйственного использования // Агрохимия. 2023. № 2. С. 3–9.

6. *Васбиева М.Т.* Изменение агрохимических показателей дерново-подзолистой почвы Предуралья при длительном применении удобрений // Почвоведение. 2021. № 1. С. 90–99.
7. *Кожокина А.Н., Мязин Н.Г., Сальгадо Пачеко Т., Гасанова Е.С., Брехов П.Т., Стекольникова Н.В.* Влияние многолетнего внесения удобрений на продуктивность звена севооборота и агрохимические свойства чернозема выщелоченного // Земледелие. 2022. № 6. С. 11–15.
8. *Лазарев В.И., Ильин Б.С., Лазарева Р.И., Золотарева И.А.* Отзывчивость сельскохозяйственных культур на отдельные виды минеральных удобрений и их сочетания в длительном стационарном опыте // Агрохимия. 2017. № 2. С. 28–33.
9. *Seidel S.J., Gaiser T., Kautz T., Bauke S.L.* Estimation of the impact of precrops and climate variability on soil depth-differentiated spring wheat growth and water, nitrogen and phosphorus uptake // Soil Till. Res. 2019. V. 195. P. 404–427.
10. *Русакова М.В., Житов В.В., Замащиков Р.В., Романчук Е.И.* Зависимость урожая яровой пшеницы от комплексного сочетания условий влаго- и теплообеспеченности в условиях лесостепи Приангарья // Вестн. Бурят. ГСХА им. В.Р. Филиппова. 2015. № 1(38). С. 31–35.
11. *Синеговская В.Т., Банецкая Е.В.* Микробоценозный состав луговой черноземовидной почвы в посевах сои и пшеницы при длительном внесении удобрений // Плодородие. 2022. № 1. С. 46–49.
12. *Степкина Р.Н.* Эффективность систематического применения удобрений в севообороте на луговых черноземовидных почвах Приамурья. Благовещенск: Изд-во ДальГАУ, 2001. 274 с.
13. *Наумченко Е.Т., Ковшик И.Г., Кондратова А.В.* Результаты длительного применения системы удобрения под сою в стационарном соево-зерновом севообороте // Итоги исследований по сою за годы реформирования и направления НИР на 2005–2010 гг.: сб. ст. коорд. совещ. ВНИИМК. Краснодар, 2004. С. 164–169.
14. *Наумченко Е.Т., Малашонок А.А.* Агроэкологические условия формирования урожайности сои в севообороте // Вестн. Рос. сел.-хоз. науки. 2016. № 6. С. 27–29.

## Changes in Agrochemical Properties of Meadow Chernozem-Like Soil under Prolonged Exposure to Agrogenic Factors in Grain-Soybean Crop Rotation

V. T. Sinegovskaya<sup>a, #</sup>, E. T. Naumchenko<sup>a</sup>, E. V. Banetskaya<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Federal Scientific Center All-Russian Scientific Research Institute of Soybean, Ignatievskoe highway 19, Amur region, Blagoveshchensk 675005, Russia,  
#E-mail: valsin09@gmail.com

In a long-term stationary experiment to study the fertilizer system in crop rotation, established in 1962–1964 on meadow chernozem-like soil in the southern natural and climatic zone of the Amur region, the influence of prolonged use of mineral and organo-mineral fertilizer systems on the agrochemical properties of meadow chernozem-like soil in relation to the level of crop yield in crop rotation was studied. The use of mineral fertilizers alone and together with organic ones provided an increase in the content of mobile phosphorus in the soil by 2.0–2.5 times, its mobility by 2.9–3.5 times relative to control. The long-term use of the organo-mineral fertilizer system led to an increase in the humus content by 0.69% and the preservation of acidity indicators at the initial level, while the application of only mineral fertilizers increased the hydrolytic and metabolic acidity. Wheat yield when applying N30 against the background of prolonged application of fertilizers to the 12<sup>th</sup> rotation of the crop rotation increased by 0.58 t/ha relative to the control, with its aftereffect – by 0.30 t/ha. At the same time, the yield of soybeans was 2.42–2.62 t/ha. It was found that the productivity of crop rotation was determined by 73% by changes in humus content, soil acid content and mobile P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> content in the 0–20 cm soil layer. The relationship of crop rotation productivity with humus content was weak ( $\beta = 0.26$ ), hydrolytic acidity – medium reverse ( $\beta = -0.57$ ), metabolic acidity – strong reverse ( $\beta = -0.81$ ) and phosphorus content – strong ( $\beta = 0.84$ ). The values of p-levels and Student coefficients indicated the fact that hydrolytic and metabolic acidity, the content of mobile phosphorus were statistically significant variables.

**Keywords:** fertilizers, agrochemical properties of soil, mobile phosphorus, long-term stationary experiment, meadow chernozem-like soil, crop rotation, yield, soybeans, wheat.