

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ НА ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВАХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

**И.Ф. Храмцов, ак. РАН, М.С. Чекусов, к.т.н., Н.А. Воронкова, д.с.-х.н.,
Н.Ф. Балабанова, к.с.-х.н., В.А. Волкова,**

Федеральное государственное бюджетное научное
учреждение «Омский аграрный научный центр» (ФГБНУ Омский АНЦ)
Россия, 644012, Омская область, г. Омск, пр. Королева, 26
E-mail: natascha.balabanowa@mail.ru



Обобщен экспериментальный материал длительных полевых опытов по изучению влияния минеральных удобрений на элементы плодородия и биологическую активность чернозема выщелоченного. Приведены параметры изменения содержания консервативного и лабильного органического вещества, подвижного фосфора, биологической активности почвы и накопления кислоторастворимых форм тяжелых металлов.

Ключевые слова: почва, удобрения, гумус, элементы минерального питания, биологическая активность, тяжелые металлы.

Для цитирования: Храмцов И.Ф., Чекусов М.С., Воронкова Н.А., Балабанова Н.Ф., Волкова В.А. Агроэкологическая оценка длительного применения удобрений на черноземных почвах Западной Сибири // Плодородие. – 2021. – №3. – С. 104-107. DOI: 10.25680/S19948603.2021.120.20.

Интенсификация сельскохозяйственного производства обуславливает все более значимую роль антропогенного фактора в почвообразовательном процессе. Распашка целинных почв и длительное их землепользование внесли существенные изменения в естественный процесс почвообразования: баланс органического вещества, азота и зольных элементов стал дефицитным. Вследствие этого показатели отдельных агрохимических свойств старопашотных почв в сравнении с целинными аналогами ухудшились [7, 9].

О роли удобрения в эволюции педосферы имеются различные мнения. С одной стороны, с помощью удобрений в нарушенном круговороте питательных веществ, который образовался после распахки целинных почв, формируется бездефицитный баланс, происходит накопление остаточных форм элементов питания, улучшается эффективное плодородие. Внесение органических удобрений положительно влияет на пул органического вещества, физические и биологические свойства почвы [2, 4, 5, 10]. С другой стороны, минеральные удобрения как ксенобиотики активно взаимодействуют с почвой, внося существенные изменения в ее агрохимические свойства.

Удобрения имеют важное значение в системе почва-растение-удобрение и воздействие их многофункционально. В настоящее время в научной литературе имеются сведения, что удобрения могут как подкислять,

так и подщелачивать почвенную среду, улучшать, или ухудшать агрохимические показатели и физические свойства почв, способствовать или препятствовать химическому поглощению биогенных и токсических элементов, активировать процесс минерализации и синтез консервативного и лабильного органического вещества, мобилизовать или иммобилизовать питательные и токсические элементы в почве.

Исследования, проведенные на различных типах почв, свидетельствуют о том, что устойчивость их агроэкологического равновесного статуса под влиянием удобрений изменяется в широких пределах и зависит от генетических особенностей, географического расположения, климатических условий. В связи с этим, на основании обобщения имеющихся данных, важно выявить показатели, характеризующие влияние на плодородие почвы удобрений, и условно дифференцировать их на стабилизирующие и дестабилизирующие устойчивость плодородия почвы.

Методика. Исследования проводили на опытном полигоне лаборатории агрохимии ФГБНУ «Омского АНЦ» в южной лесостепной зоне Западной Сибири. Почвенный покров пахотных земель южной лесостепи представлен в основном обыкновенными, выщелоченными черноземами и лугово-черноземными почвами среднего и тяжелого гранулометрического состава.

Почва опытного участка – лугово-черноземная среднесуглинистая. Исходное содержание в слое 0-20 см гумуса 6,4-6,6% (по Тюрину), подвижного фосфора и обменного калия 105–128 и 350–420 мг/кг почвы (по Чирикову). Сумма обменных катионов – 32,1 ммоль/100 г почвы, в составе катионов Ca^{2+} – 89%, Mg^{2+} – 11, Na^+ менее 1%, pH 6,6-6,7.

Исследования проводили в стационарном опыте, заложенном на основе шестипольного зернотравяного севооборота (1988 г.). Чередование культур в севообороте: люцерна трёх лет использования, яровая пшеница, яровая пшеница, овес. Севооборот развернут во времени и пространстве. Схема опыта представлена в таблице 1.

1. Содержание и запасы гумуса в почве в зависимости от применения минеральных удобрений

Вариант	Гумус, %	Отклонение \pm , %	
		от контроля	от исходного
Без удобрений	6,72	-	-0,01
$\text{N}_{10}\text{P}_{17}$	6,88	0,16	0,20
$\text{N}_{15}\text{P}_{23}$	7,02	0,30	0,25
HCP_{05} минеральных удобрений		0,09	0,07
частных средних		0,13	0,10

*Доза удобрений приведена на 1 га севооборотной площади.

В качестве удобрения использовали Naa , AF и Kx . Фосфорные удобрения вносили весной до посева локально сеялкой на глубину 6-8 см, аммиачную селитру и хлористый калий – взброс под предпосевную культивацию. В опытах высевали районированные сорта сельскохозяйственных культур. Посев и учет урожайности культур проводили в оптимальные сроки.

Агротехника – общепринятая для зоны.

Анализ почвы проводили стандартными агрохимическими методами [1]. Результаты исследований обработаны дисперсионным методом статистического анализа по Б.А. Доспехову [6].

Результаты и их обсуждение. Интенсификация сельскохозяйственного использования лугово-черноземной почвы внесла существенные изменения в показатели состояния органического вещества. Исследование почвенных образцов показало, что, исходное

содержание гумуса, где 50% площади пашни занимают многолетние бобовые травы (люцерна), в варианте без применения удобрений было 6,73% и за три ротации (18 лет) севооборота практически не изменилось: 6,72% (-0,01) (табл. 1).

Систематическое применение минеральных удобрений в севообороте повысило содержание гумуса в почве на 0,16-0,30%. Новообразование гумуса на минеральных фонах обусловлено большим поступлением органического материала в виде растительных и корнепоживных остатков. Ежегодное поступление в почву растительных остатков формирует в ней фонд легкоминерализуемых соединений, в том числе в виде мортмассы (свежих и полуразложившихся растительных и животных остатков). Оптимизация минерального питания в севообороте за счет применения минеральных удобрений увеличила обогащенность почвы углеродом мортмассы на 24-86%. При этом прирост определялся видом и дозой удобрения (табл. 2).

2. Содержание углерода мортмассы ($\text{C}_{\text{морт}}$) в зависимости от применения минеральных удобрений и соломы, мг/кг

Вариант	$\text{C}_{\text{морт}}$	Прирост		% от $\text{C}_{\text{общего}}$
		мг/кг	%	
Без удобрений	679	-	-	1,74
$\text{N}_{10}\text{P}_{17}$	960	281	41	2,40
$\text{N}_{15}\text{P}_{23}$	1095	416	61	2,68

HCP_{05} минеральных удобрений – 316; HCP_{05} частных средних – 446

Следует отметить, что в составе общего углерода, доля углерода мортмассы при внесении минеральных удобрений возрастала, что свидетельствует о положительном их влиянии на увеличение содержания углерода мортмассы в органическом веществе почвы.

Лабильная часть органического вещества почв не только определяет уровень эффективного плодородия, но и оказывает влияние на количественную величину консервативной (стабильной) части гумуса [2]. Проведенный корреляционный анализ показал тесную связь содержания гумуса в почве с обогащенностью почвы мортмассой ее (рис. 1).

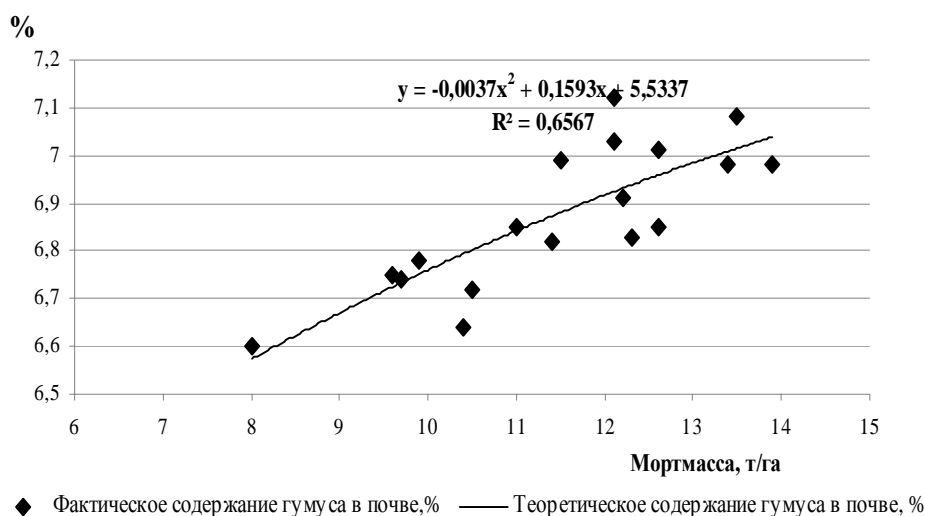


Рис. 1. Зависимость содержания гумуса в почве (Y, %) от запасов мортмассы (X, т/га)

Длительное применение удобрений оказывает стабилизирующее влияние на азотный фонд почв – возрастает содержание общего и легкоомобильных органических соединений азота, а также количество подвижных ми-

неральных форм [2]. Содержание валового азота в мортмассе изменялось от 1,58 до 1,73%, без существенной зависимости от дозы минерального удобрения. Дифференциация вариантов по запасам азота мортмассы оп-

ределялась количеством мортмассы в почве. Установлено, что за счет систематического внесения удобрений в севообороте запасы азота мортмассы возросли на 31 и 38%, в сравнении с вариантом без удобрений (табл. 3).

В составе общего азота почвы доля азота мортмассы составляла 23%, а при внесении минеральных удобрений она возрастала, что свидетельствует о положительном их влиянии на увеличение содержания азота мортмассы в органическом веществе почвы.

В связи с тем, что значительная часть наиболее доступного растениям азота поступает из лабильного органического вещества, проведен корреляционный анализ зависимости содержания нитратного азота в почве от

запасов азота мортмассы, свидетельствующий о тесной связи между данными показателями (рис. 2).

3. Запасы азота мортмассы ($N_{\text{мортм}}$) в зависимости от применения минеральных удобрений и соломы

Вариант	$N_{\text{мортм}}$, кг/га	Прирост $N_{\text{мортм}}$		% от $N_{\text{общ.}}$
		кг/га	%	
Без удобрений	143,8	-	-	23
$N_{10}P_{17}$	188,1	44,3	31	28
$N_{15}P_{23}$	198,4	54,6	38	29
HCP_{05} : минеральных удобрений	12,9			
частных средних	22,4			



Рис. 2. Зависимость содержания нитратного азота в почве (слой 0–40 см) от запасов азота мортмассы

Систематический учет содержания P_2O_5 в почве (метод Чирикова) показал, что при длительном применении фосфорсодержащих удобрений количество его в почве зависело от дозы и длительности применения. Зависимость содержания подвижного фосфора в почве от внесенного P_2O_5 с удобрением была высокая ($r=0,95-0,99$). Применение фосфорных удобрений в течение трех ротаций севооборота позволило увеличить запасы подвижного фосфора в почве в сравнении с исходным содержанием. Количество новообразованных фосфатов составляет 13–17% от внесенного с удобрениями фосфора (табл. 4).

4. Содержание и запасы подвижного фосфора в почве (0–20 см) после третьей ротации севооборота в зависимости от удобрений

Внесено с удобрениями P_2O_5 , кг/га	Содержание P_2O_5 в почве, мг/кг	Отклонение от исходного		Запасы P_2O_5 в почве, кг/га	\pm , к исходному, кг/га
		мг/кг	%		
0	115	4	4	253	9
810	162	49	43	356	108
1170	201	90	81	442	198
HCP_{05}		20			

При длительном применении удобрений значительно изменился качественный состав минеральных фосфатов. Существенно возросло количество активных фосфатов (1–4 группы) и, прежде всего, рыхлосвязанных (1–2 группы). Накопление происходило в соответствии с увеличением дозы вносимых удобрений (табл. 5).

5. Влияние удобрений на фракционный состав минеральных форм фосфора в почве (по Гинзбург – Лебедевой) после третьей ротации зерноотрадного севооборота

Внесено P_2O_5 за три ротации с минеральными удобрениями, кг/га	Содержание P_2O_5 по фракциям, мг/100 г почвы					
	Ca-P ₁	Ca-P ₂	Al-P	Fe-P	Ca-P ₃	Σ_{I-IV}
0	7,8	9,2	2,5	6,0	6,5	25,5
810	9,5	10,5	3,1	8,0	9,0	31,1
1170	11,7	9,5	4,3	10,5	8,7	36,0

Следует отметить, что увеличение содержания подвижных фосфатов в почве сопровождалось ростом урожайности сельскохозяйственных культур и продуктивности севооборота ($r=0,92$) (рис. 3).

Минеральные удобрения, изменяя соотношение элементов питания в почве и некоторые другие свойства, одновременно оказывают определенное влияние на микробиоценоз [11]. На основании проведенных микробиологических исследований можно отметить, что применение минеральных удобрений стимулировало развитие почвенной микрофлоры под пшеницей – высеваемой первой культуры после люцерны (табл. 6).

6. Биологическая активность почвы в зависимости от применения минеральных удобрений

Вариант опыта	Бактерии на МПА	Олигонитрофилы	Грибы, тыс.	Суммарная биологическая активность, %
	млн			
Без удоб-рений	45,6	32,1	115,2	100
N ₁₀ P ₁₇	44,5	54,9	146,5	112
N ₁₅ P ₂₃	54,5	49,6	154,5	108

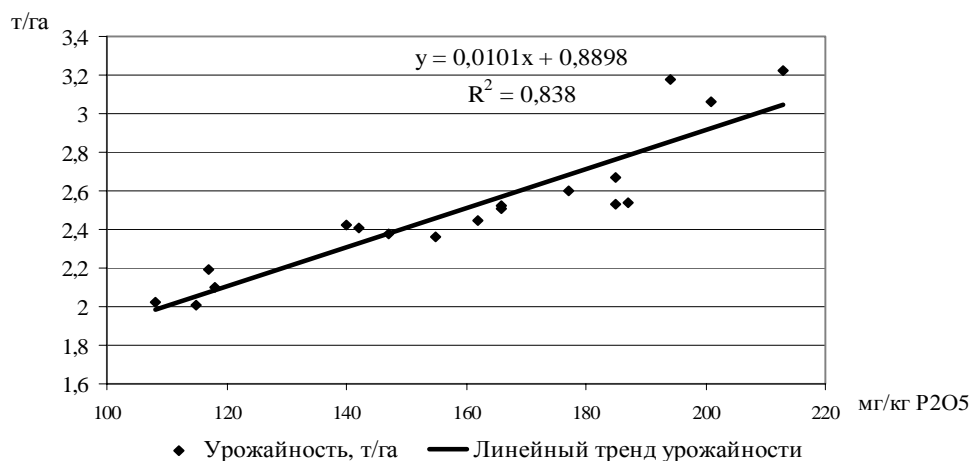


Рис. 3. Зависимость продуктивности зернотравяного севооборота от содержания подвижного фосфора в почве (в слое 0-20 см)

Такие группы микроорганизмов как аммонификаторы, грибы, олигонитрофилы, в целом положительно влияли на суммарную биологическую активность. Применение минеральных удобрений не оказало негативного воздействия на микрофлору почвы.

Следовательно, рациональное применение минеральных удобрений способствовало активизации почвенной микрофлоры.

Изменение физико-химических свойств почвы под влиянием удобрений может способствовать увеличению подвижности некоторых элементов, в том числе тяжелых металлов. Кроме того, примеси тяжелых металлов и других элементов, содержащихся в минеральных удобрениях, могут загрязнять ими пахотный слой почвы [3]. Установлено, что длительное внесение научно обоснованных доз минеральных удобрений не привело к аккумуляции тяжелых металлов в пахотном слое лугово-черноземной почвы, а напротив, способствовало снижению содержания изучаемых элементов (Cu, Zn, Ni, Pb). Это явилось результатом как большого выноса микроэлементов растениями с урожаем, так и процессов закрепления их в почве.

По истечении тридцати лет длительного внесения минеральных удобрений в пахотном слое лугово-черноземной почвы наблюдалось снижение валовых форм меди – на 9%, цинка – на 25, никеля на 7 и свинца на – 22. Полученные результаты указывают на необходимость постоянного внимания к проблеме оптимизации микроэлементного баланса пахотных почв Западной Сибири [8].

Таким образом, при интенсивном сельскохозяйственном использовании черноземных почв, обладающих достаточно высокой буферной способностью, в них устанавливаются новые равновесные состояния агрохимических, биологических и других свойств. Только научно обоснованное применение удобрений позволяет

сохранить экологическую сбалансированность этих агроценозов и получить стабильно высокие урожаи сельскохозяйственных культур.

Литература

1. Агрохимические методы исследования почв // АН СССР и др. – 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Наука, 1975. – 494 с.
2. Воронкова Н.А. Балабанова Н.Ф. Влияние длительного применения удобрений в зернотравяном севообороте на агрохимические свойства чернозема выщелоченного и урожайность сельскохозяйственных культур // Достижения науки и техники АПК. – 2013. – №5. – С. 30-32.
3. Волкова В.А. К вопросу о применении соединений меди в технологическом производстве яровой мягкой пшеницы // Агрохимический вестник. – 2020. – №2. – С. 68-73.
4. Гамзиков Г.П. Сохранение плодородия почв и повышение урожайности полевых культур при систематическом применении минеральных и органических удобрений. Аграрная наука – сельскохозяйственному производству Сибири, Монголии, Казахстана, Беларуси и Болгарии: материалы междунар. науч.-практ. конф. Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук. – Новосибирск, 2017. – С. 114–117.
5. Гладышева О.В., Свирина В.А. Артюхова О.А. Изменение плодородия почвы и продуктивности севооборота при длительном применении минеральных удобрений с известкованием // Плодородие. – 2021. – №1. – С. 27-29.
6. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – 352 с.
7. Дыбин В.В. Чернышкова Л.Б. Изменение плодородия дерново-подзолистой почвы и продуктивность культур при длительном применении удобрений с известкованием // Плодородие. – 2014. – №2. – С. 22-24.
8. Красницкий В.М., Шмидт А.Г. Агрохимическая характеристика пахотных почв и эффективность сельскохозяйственного производства в Омской области // Плодородие. – 2018. – №1. – С. 64-67.
9. Сычев В.Г., Шафран С.А. Прогноз плодородия почв Нечерноземной зоны в зависимости от уровня применения удобрений // Плодородие. – 2019. – №2. – С. 22-25.
10. Храмов И.Ф., Воронкова Н.А. Эффективность минеральных и органических удобрений на черноземных почвах Западной Сибири // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2005. – №3. – С. 3-9.
11. Шулико Н.Н., Хамова О.Ф., Воронкова Н.А., Тукмачева Е. В., Дороненко В.Д. Влияние комплексного применения удобрений и биопрепаратов на эффективное плодородие чернозема выщелоченного и продуктивность ячменя // Агрохимия. – 2019. – №2. – С. 13-20.

AGROECOLOGICAL ASSESSMENT OF LONG-TERM FERTILIZERS APPLICATION ON CHERNOZEM SOIL IN WESTERN SIBERIA

I.F. Khrantsov, M.S. Chekusov, N.A. Voronkova, N.F. Balabanova, V.A. Volkova

Omsk Agrarian Scientific Center, Koroleva ul. 26, 644012 Omsk, Russia, e-mail: natascha.balabanowa@mail.ru

The experimental material of long-term field experiments on the study of the mineral fertilizers effect on the elements of fertility and the biological activity in the leached chernozem is generalized. The changes parameters in the content of conservative and labile organic matter, the content of mobile phosphorus, soil biological activity and the accumulation of heavy metals acid-soluble forms are given.

Key words: soil, fertilizers, humus, elements of mineral nutrition, biological activity, heavy metals.