Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»
==========

УДК 631.416:631.6.02:631.51.01

Изменение фосфорно-калийного режима черноземов обыкновенных в длительном опыте Ростовской области

Гаевая Э.А., Ильинская И.Н., Безуглова О.С., Нежинская Е.Н.

Федеральный Ростовский аграрный научный центр

Аннотация

Изучено изменение содержания подвижного фосфора и обменного калия в черноземе обыкновенном карбонатном Ростовской области. Использование чизельной обработки на эрозионно-опасном склоне сократило смыв почвы на 12,6%. К концу первой ротации зернопаропропашного севооборота при применении экстенсивной системы внесения удобрений отмечено снижение содержания подвижного фосфора и обменного калия. За семь ротаций севооборота эта разница продолжила увеличиваться. Систематическое внесение удобрений в различных дозах позволило увеличить содержание подвижного фосфора на 145,1–151,6 %, обменного калия – 21,1–24,1 % (по сравнению с исходным содержанием). Обработки почвы оказывали незначительное влияние на содержание подвижных форм элементов питания растений.

Ключевые слова: ЧЕРНОЗЕМ ОБЫКНОВЕННЫЙ, ПОДВИЖНЫЙ ФОСФОР, ОБМЕННЫЙ КАЛИЙ, СЕВООБОРОТ, ДЛИТЕЛЬНЫЙ ОПЫТ

Введение

В России водной и ветровой эрозии подвержено 43,7 млн га. Более половины сельхозугодий расположено на склонах различной крутизны. Смытые почвы составляют в степной и лесостепной зоне 43 %. Значительную роль в изменении фосфорно-калийного режима средне эродированных черноземов, играют процессы деградации, в частности смыв почвы. На склоне крутизной 3,5–4° среднегодовой смыв почвы составил от 18,5 т/га до 42 т/га. Использование почвозащитной обработки позволяет сократить смыв почвы на 21–30 % [1].

Содержание подвижных форм фосфора и калия служат индикаторами уровня

плодородия и поэтому учитываются при оценке состояния земель сельскохозяйственного назначения. Для чернозёмов обыкновенных карбонатных, доля которых в почвенном покрове Ростовской области составляет 22,4%, характерна низкая обеспеченность подвижным фосфором. Причем в пахотном слое почв Ростовской области содержание подвижных фосфатов составляет 40–50% от их запасов в почвенном профиле [2, 3]. В целинных черноземах обыкновенных изначально валового фосфора содержится от 0,22 % до 0,24 %, а доступных для растений фосфатов – 25–42 мг/кг. Старопахотные земли, при условии ежегодного внесения органических и минеральных удобрений, характеризуются высокой обеспеченностью фосфором по сравнению с целинными [4–6]. Однако органические удобрения в хозяйствах области вносят эпизодически. А резкое снижение объемов минеральных удобрений к середине 90-х годов прошлого столетия способствовало значительному ухудшению обеспеченности черноземов подвижным фосфором. В настоящее время ситуация стабилизировалась, тем не менее, данные агрохимического обследования, проведенного в Ростовской области в 2018 году, показали, что доля почв с «очень низкой» и «низкой» обеспеченностью подвижным фосфором достигает 20% от общей площади пашни [7].

Для получения стабильных урожаев оптимальное содержание подвижных фосфатов в чернозёме обыкновенном должно составлять 30–40 мг/кг [2]. Динамика подвижных форм фосфора в почве носит сезонный характер и зависит от многих факторов, одним из которых является увлажнение почвы. При повышении содержания влаги в почве фосфаты переходят в доступные формы. Удобрения внесённые в почву длительное время остаются в легкодоступной форме, а закрепление их в труднодоступные соединения бывает непрочным [8].

При продолжительном сельскохозяйственном использовании чернозёмов обыкновенных без внесения удобрений постепенно снижается содержание не только подвижного фосфора, но и обменного калия. На протяжении длительного периода без внесения калийных удобрений содержание обменного калия в чернозёмах падает до определённого уровня, ниже которого не опускается, несмотря на продолжающийся вынос сельскохозяйственными культурами [9]. Наблюдается снижение содержания обменного калия в почве в течение вегетации растений, причем к концу вегетации может наблюдаться восстановление калия до исходных запасов за счёт перехода из необменных

форм. При этом в почве протекают процессы превращения калия, как из труднорастворимых форм в обменную, так и в водорастворимую формы [10].

В благоприятных почвенно-климатических условиях, при достаточной влагообеспеченности, значимую роль в питании растений играет способность почвы пополнять дефицит легкоусвояемых форм элементов питания, мобилизуя их из труднодоступных соединений [11].

Хорошая обеспеченность почвы фосфором и калием улучшает обмен углеводов, белков, жиров и витаминов, способствует накоплению сахаров, играющих большую роль в повышении морозоустойчивости, обеспечивает экономное расходование влаги и увеличение засухоустойчивости растений, устойчивость к грибковым заболеваниям и полеганию [12]. При недостатке доступного фосфора замедляется синтез белков, возрастает содержание нитратного азота в тканях растений [13]. При недостатке калия задерживается синтез белка и накапливается небелковый азот [5, 14]. Поэтому своевременное удовлетворение потребности растений в фосфоре и калии – одно из главных условий формирования их высокой урожайности, а содержание (фосфора и калия) относится к числу основных показателей, которые используют при оценке состояния почвенного покрова [15].

Исходя из выше сказанного, **целью исследования является** – анализ фосфорно-калийного режима чернозема обыкновенного карбонатного средне эродированного в длительном стационарном опыте для рекомендаций по сохранению плодородия пахотных земель Ростовской области.

Методы и объекты исследований

Исследования были проведены в многофакторном стационарном опыте на склоне балки Большой Лог в Аксайском районе Ростовской области. Опыт был заложен в 1986 г. на старопахотных землях в системе контурно-ландшафтной организации территории склона крутизной до 3,5–4,0°. Опыт зарегистрирован в Российской Географической сети длительных опытов с удобрениями (аттестат № 169).

Почва опытного участка – чернозем обыкновенный карбонатный тяжелосуглинистый на лессовидном суглинке, средне эродированный. Мощность пахотного горизонта ($А_{пах}$) – 25–30 см, подпахотного – (А + В) – от 30 до 40 см.

Содержание гумуса в $А_{пах}$ – 3,80–3,83%.

Климат зоны проведения исследований засушливый, умеренно жаркий, континентальный. Среднее многолетнее количество осадков 492 мм, распределение их в агрономической оценке малоблагоприятное. За весенне-летний период выпадает 260–300 мм осадков. Среднегодовая температура плюс 8,8°С, средняя температура января - минус 6,6°С, июля – плюс 23 °С, минимальная температура зимой - минус 41°С, максимальная летом – до плюс 40°С [16].

Динамику содержания подвижного фосфора и обменного калия изучали в пятипольном зерно-паро-пропашном севообороте: чистый пар, озимая пшеница, озимая пшеница, подсолнечник, ячмень. Изучали три системы применения удобрений («экстенсивная система» – естественное плодородие; «полуинтенсивная система» – полуперепревший навоз КРС 5т + $N_{46}P_{24}K_{30}$ и «интенсивная система» – навоз КРС 8т + $N_{84}P_{30}K_{48}$ на 1 га севооборотной площади), а также две системы основной обработки почвы– чизельную и отвальную. Пробы почвы отбирали в третьей декаде мая, в слое 0–30 см при закладке опыта (1986 г.), в конце первой ротации севооборота (1991 г.) и в конце седьмой ротации севооборота (2020 г.). Подвижный фосфор (P_2O_5) и обменный калий (K_2O) определяли по методу Мачигина [17]. Математическую обработку полученных результатов проводили методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову (2011) с использованием персонального компьютера [18].

Результаты и их обсуждение

Эрозионные процессы в значительной мере проявляются на склоновых землях, негативно сказываются на почвенном плодородии, существенно снижая производство земледельческой продукции. На эрозионно-опасном склоне наибольший смыв почвы отмечен при использовании отвальной обработки, в среднем за 30-летний срок наблюдений он составлял 5,8 т/га (рис. 1).

Применение чизельной обработки почвы позволило сократить смыв на 12,6 %. Долотообразные стойки орудия рыхлят внутренние слои почвы без оборота пласта. Растительные и стерневые остатки остаются на поверхности почвы, препятствуя развитию стоковых процессов и как следствие смыву и размыву почвы. Стерня и растительные остатки способны задерживать снег, а при наступлении ранневесенних оттепелей

впитывать талую воду. Однако при интенсивном снеготаянии часть воды, несмотря на растительные остатки, стекает вниз по склону, унося с собой плодородный слой почвы.

Рис. 1. Смыв почвы в зерно-паро-пропашном севообороте в зависимости от обработки почвы, т/га, 1990–2020 гг.

Одним из показателей плодородия почвы является содержание основных элементов питания растений. Исходное содержание подвижного фосфора в слое почвы 0–30 см при закладке стационарного опыта составляло 17,3 мг/кг. В результате использования земель сельскохозяйственного назначения к концу первой ротации зерно-паро-пропашного севооборота содержание подвижного фосфора в пахотном горизонте значительно изменилось. Возделывание культур по экстенсивной системе в течение пяти лет привело к снижению содержания подвижного фосфора в пахотном слое почвы на 4,1–4,4 мг/кг (23,7–25,4%). К концу первой ротации культур в пятипольном севообороте в результате применения полуинтенсивной системы удобрений было отмечено увеличение содержания P_2O_5 на 3,8–5,4 мг/кг (22,0–31,2 %). Увеличение дозы внесения удобрений в полтора раза (интенсивная система) увеличило содержание подвижного фосфора на 12,1–12,2 мг/кг (69,9–70,5 %) (табл. 1).

По истечению семи ротаций севооборота выявлена закономерность аналогичная наблюдавшейся в конце первой ротации. Экстенсивная система применения удобрений привела к потере подвижного фосфора на 4,3–4,9 мг/кг (24,9–28,3%). Систематическое внесение удобрений в различных дозах способствовала увеличению P_2O_5 при использовании полуинтенсивной системы – на 14,5–15,4 мг/кг (84,0–88,8 %), интенсивной – на 25,1–26,2 мг/кг (145,1–151,6 %).

Таблица 1. Изменение содержания подвижного фосфора в слое почвы 0–30 см в зависимости от системы обработки почвы и уровня применения удобрений, 1986–2020 гг., мг/кг

Система обработки почвы	Система применения удобрений	Исходное содержание	В конце 1-й ротации	В конце 7-й ротации	Изменение содержания в зависимости от применения удобрений		Изменение содержания в зависимости от применения системы обработки почвы	
					за 1 ротацию	за 7 ротаций	за 1 ротацию	за 7 ротаций
Чизельная	Экстенсивная	17,3	13,2±0,6	13,0±0,4	-4,1*/-23,7	-4,3*/-24,9	0,3*/2,3	0,6*/4,8
	Полуинтенсивная	17,3	22,7±0,5	32,7±0,9	5,4/31,2	15,4/88,8	1,6/7,6	0,8/2,6
	Интенсивная	17,3	29,5±0,5	43,5±0,7	12,2/70,5	26,2/151,6	0,1/0,3	1,1/2,7
Отвальная	Экстенсивная	17,3	12,9±0,8	12,4±0,4	-4,4/-25,4	-4,9/-28,3	-	-
	Полуинтенсивная	17,3	21,1±0,2	31,8±0,9	3,8/22,0	14,5/84,0	-	-
	Интенсивная	17,3	29,4±0,6	42,4±0,6	12,1/69,9	25,1/145,1	-	-

Примечания: * в числителе – изменение содержания подвижного фосфора (мг/кг); * в знаменателе – изменение содержания подвижного фосфора, выраженное в процентах (%).

Применение различных систем обработки почвы также повлияло на содержание в почве подвижного фосфора. Использование чизельной обработки почвы увеличило содержание подвижного фосфора при использовании различных по интенсивности систем применения удобрений на 0,3; 1,6 и 0,1 мг/кг, за 1-ю ротацию севооборотов и на 0,6; 0,8 и 1,1 мг/кг. Достоверное увеличение содержания P_2O_5 отмечено при применении чизельной обработки почвы и интенсивной системы удобрений (1,1±0,7 мг/кг).

Помимо выноса сельскохозяйственными культурами фосфора из почвы на эрозионно-опасном склоне отмечены потери основных элементов питания со стоком и смывом. Чизельная обработка почвы является почвозащитной обработкой, и применение ее на склоне способствует снижению эрозионных процессов, а вместе с этим и снижению потери подвижного фосфора [1].

В динамике обменного калия выявлены такие же закономерности, что и в динамике подвижного фосфора. За первую ротацию в вариантах экстенсивной технологии применения удобрений отмечены потери обменного калия от 107 мг/кг до 117 мг/кг (28,4–31,0%) с преимуществом отвальной обработки почвы. Использование полуинтенсивной

технологии применения удобрений привело к незначительному увеличению содержания обменного калия (4–14 мг/кг). Увеличение дозы внесения удобрений в полтора раза способствует не только компенсации потери обменного калия в результате выноса с отчуждаемой продукций, но и компенсировать потери со смывом. В результате систематического внесения удобрений отмечено увеличение в почве подвижного калия на 18,6–23,1% по сравнению с исходным содержанием (табл. 2).

Таблица 2. Изменение содержания обменного калия в слое почвы 0–30 см в зависимости от системы обработки почвы и уровня применения удобрений, 1986–2020 гг., мг/кг

Система обработки почвы	Система применения удобрений	Исходное содержание	В конце 1-й ротации	В конце 7-й ротации	Изменение содержания в зависимости от применения удобрений		Изменение содержания в зависимости от применения системы обработки почвы	
					за 1 ротацию	за 7 ротаций	за 1 ротацию	за 7 ротаций
Чизельная	Экстенсивная	377	270±22	251±10	-107*/-28,4	-126*/-33,4	10,0*/3,8	4,0*/1,6
	Полуинтенсивная	377	391±12	349±13	14/3,7	-28/-7,4	10,0/2,6	1,0/0,3
	Интенсивная	377	464±24	468±16	87/23,1	91/24,1	17,0/3,8	11,4/2,5
Отвальная	Экстенсивная	377	260±18	247±11	-117/-31,0	-130/-34,5	-	-
	Полуинтенсивная	377	381±17	348±21	4/1,1	-29/-7,7	-	-
	Интенсивная	377	447±16	457±24	70/18,6	80/21,1	-	-

Примечания: * в числителе – изменение содержания обменного калия (мг/кг); * в знаменателе – изменение содержания обменного калия, выраженное в процентах (%).

За семь ротаций севооборота отмечено стабильное снижение обменного калия в вариантах экстенсивной (34,5–33,4 %) и полуинтенсивной системы применения удобрений (7,7–7,4 %). Интенсивная система применения удобрений поддерживает положительный баланс обменного калия в пахотном слое (21,1–24,1 %).

Обработки почвы незначительно влияют на содержание K_2O в почве. Применение чизельной обработки почвы, как почвозащитной привело к незначительному увеличению содержания обменного калия (0,3–3,8 %) при внесении удобрений в различных дозах.

Выводы

Использование чизельной обработки на эрозионно-опасном склоне в зоне черноземов обыкновенных карбонатных Ростовской области позволяет сократить смыв почвы на 12,6 %. К концу первой ротации зернопаропропашного севооборота при применении экстенсивной системы внесения удобрений содержание подвижного фосфора в пахотном горизонте снизилось на 23,7–25,4 %, обменного калия на 28,4–31,0 %. Полуинтенсивная система применения удобрений позволила увеличить содержание подвижного фосфора на 22,0–31,2 %, а содержание обменного калия увеличилось незначительно. Применение интенсивной системы удобрений увеличило содержание подвижного фосфора на 69,9–70,5 %, калия – 18,6–23,1%. По истечению семи ротаций севооборота систематическое внесение удобрений привело к увеличению подвижного фосфора при использовании полуинтенсивной системы на 84,0–88,8 %, на 145,1–151,6 % - при использовании интенсивной системы, обменного калия на – 21,1–24,1 %.

Список использованных источников

1. Гаевая Э.А. Экологическая оценка севооборотов с короткой ротацией на эрозионно опасных склонах Ростовской области // Экологический вестник Северного Кавказа. – 2017. – Т. 13. – № 4. – С. 91–95.
2. Шапошникова И.М., Лабынцев А.В. Фосфатный режим чернозёма обыкновенного Ростовской области и эффективность фосфорных удобрений // Агрохимия. – 1998. – № 9. – С. 53–57.
3. Сычев В.Г., Кузнецов А.В., Павлихина А.В., Лобас Н.В. Содержание гумуса, подвижного фосфора, обменного калия и степень кислотности пахотных почв Российской Федерации // Плодородие. - 2008. - №3 (42). - С. 1–3.
4. Ерёмин Д.И. Динамика подвижного фосфора пахотного чернозема при длительном использовании органоминеральной системы удобрения в лесостепной зоне Зауралья // Плодородие. – 2015. - №4 (85). - С. 13–16.
5. Чекмарёв П.А., Лукин С.В. Мониторинг содержания подвижных форм фосфора и калия в пахотных почвах Белгородской области // Достижения науки и техники АПК. - 2020. - Т. 34. - № 2. - С. 5–9.
6. Рузавин Ю.Н., Чимитдоржиева И.Б., Норбованжилов Р.Д., Тарасова Л.А. Изменение содержания форм калия при длительном сельскохозяйственном использовании черноземных почв Республики Бурятия [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2020. – № 4. – Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2020/4/st_401.pdf

7. Безуглова О.С., Назаренко О.Г., Ильинская И.Н. Динамика деградации земель в Ростовской области // Аридные экосистемы. - 2020. – Т. 26. - №2 (83). - С. 10–15. DOI: 10.1134/S207909612002002X

8. Окорков В.В., Фенова О.А., Окоркова Л.А. Влияние удобрений на содержание подвижных форм азота и урожайность овса на серых лесных почвах Верхневолжья // Агрохимия. - 2020. - № 2. - С. 3–13.

9. Якименко В.Н. Изменение содержания калия и магния в профиле почвы длительного полевого опыта // Агрохимия. - 2019. - № 3. - С. 19–29.

10. Лукин С.В., Авраменко П.М. Закономерности изменения содержания подвижного фосфора и обменного калия в почвах Белгородской области // Агрохимия. - 2007. - № 6. - С. 22–26.

11. Мельникова М.Г., Минакова О.А. Влияние длительного применения удобрений на динамику подвижных форм фосфора и калия чернозема выщелоченного // Плодородие. - 2013. - №2 (71). - С. 5–7.

12. Господаренко Г.М., Никитина О.В., Крывда И.Ю. Содержание и запасы подвижных форм калия в почве после длительного применения удобрений в полевом севообороте // Вестник Сумского национального аграрного университета. - 2013. - № 11. - С. 51–56.

13. Лукин С.М. Калийное состояние дерново-подзолистой супесчаной почвы и баланс калия при длительном применении удобрений // Агрохимия. - 2012. - № 12. - С. 5–14.

14. Якименко В.Н. Баланс калия, урожайность культур и калийное состояние почвы в длительном полевом опыте в лесостепи западной Сибири // Агрохимия. - 2019. - № 10. - С. 16–24.

15. Шафран С.А., Кирпичников Н.А. Научные основы прогнозирования содержания подвижных форм фосфора и калия в почвах // Агрохимия. - 2019. - № 4. - С. 3–10.

16. Селянинов Г.Т. Методика сельскохозяйственной характеристики климата // Мировой агроклиматический справочник. - Л., М.: Гидрометеоиздат, 1977. - 220 с.

17. ГОСТ 26205-91 Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Мачигина в модификации ЦИНАО. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 8 с.

18. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследования): учебник. – 6-е изд., стер. – М.: ИД Альянс, 2011. – 352 с.

==========

Цитирование:

Гаевая Э.А., Ильинская И.Н., Безуглова О.С., Нежинская Е.Н. Изменение фосфорно-калийного режима черноземов обыкновенных в длительном опыте Ростовской области [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2022. – №2. – Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2022/2/st_202.pdf.
DOI: https://doi.org/10.51419/202122202.