

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ МНОГОЛЕТНЕГО ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ НА ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПЛОДОРОДИЯ ЧЕРНОЗЕМА ТИПИЧНОГО

С.И. Тютюнов, чл.-корр. РАН,

ФГБНУ «Белгородский федеральный аграрный научный центр
Российской академии наук»

308001, г. Белгород, ул. Октябрьская, 58, Zemlede12006@yandex.ru



Оценка влияния удобрений на основные показатели плодородия чернозема типичного проводилась в зернопаропропашном севообороте в вариантах: контроль, навоз, 40 т/га (8 т/га севооборотной площади), навоз, 40 т/га совместно с минеральными удобрениями в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ (на севооборотную площадь). Установлено, что за 30-летний период наблюдений достоверное повышение содержания гумуса в черноземе отмечалось при внесении 40 т/га навоза – на 0,5 %, достигая значения 5,4 %. В течение периода исследований наблюдалось неравномерное изменение кислотности чернозема и по истечении шестой ротации этот показатель оставался в пределах 5,4 единиц во всех вариантах. Совместное внесение навоза и минеральных удобрений способствует достоверному увеличению подвижного фосфора и калия до 154,1 и 160,0 мг/кг соответственно, что равно повышенному и высокому его содержанию, достигая верхнего предела оптимального уровня. Потенциальное и эффективное плодородие чернозема типичного после 30-летнего использования в зернопаропропашном севообороте дает возможность стабильно получать более 5 т/га зерна озимой пшеницы.

Ключевые слова: чернозем типичный, потенциальное и эффективное плодородие, содержание гумуса, подвижный фосфор, подвижный калий, кислотность почв, изменение плодородия.

Для цитирования: Тютюнов С.И. Комплексная оценка влияния многолетнего применения удобрений на основные показатели плодородия чернозема типичного // Плодородие. – 2021. – №3. – С. 45-48.
DOI: 10.25680/S19948603.2021.120.07

Научно обоснованная система применения удобрений позволяет в современный период решать важные задачи, связанные с расширенным воспроизводством плодородия почв, бездефицитным балансом биогенных элементов и гумуса в системе почва – растение – удобрение. Для управления плодородием почв необходимо всестороннее изучение почвенных процессов, взаимодействия удобрений с почвой и растениями, а также факторов, определяющих доступность питательных веществ [11, 12]. Важным вопросом, требующим всестороннего внимания, является изучение многолетнего влияния удобрений на плодородие черноземов и продуктивность возделываемых культур [3, 6, 9, 14, 18]. Анализ результатов исследований показывает, что систематическое применение органических и минеральных удобрений сопровождается изменениями физико-химических свойств почв [19]. Многолетнее внесение навоза увеличивает количество органического вещества и емкость поглощения почв, снижает обменную и гидролитическую кислотность и увеличивает степень на-

сыщенности почв основаниями. [7]. Для поддержания почвенного плодородия в процессе с.-х. использования необходимо прогнозировать процессы, происходящие в почве. Знание изменений в почве дает возможность подойти к разработке системы мероприятий, позволяющих целенаправленно регулировать показатели потенциального и эффективного плодородия.

В настоящее время очень востребованы данные, полученные в многолетних стационарных опытах. В таких опытах создаются исключительные условия стандартизации, позволяющие лучше изучить действие климата и агрометеорологических условий на культуры, почвы и факторы, регулирующие почвенное плодородие [13, 20].

Цель нашей работы – дать комплексную оценку влиянию удобрений на плодородие чернозема типичного в зернопаропропашном севообороте.

Методика. Исследования по оценке влияния многолетнего применения удобрений на плодородие чернозема проводили с 1987 года в стационарном полевом

опыте ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН» в зернопаропропашном севообороте: 1 – черный пар; 2 – озимая пшеница; 3 – сахарная свекла; 4 – ячмень; 5 – кукуруза на зерно.

Почва опытного участка – чернозем типичный малогумусный маломощный тяжелосуглинистый. Содержание гумуса 4,9 %, реакция почвенного раствора (рН солевой вытяжки) 5,4–5,6, содержанием подвижного фосфора и обменного калия (по Чирикову), соответственно, 51–55 и 92,0–94,0 мг/кг почвы.

Минеральные удобрения вносили по делянкам вручную, навоз – навозоразбрасывателем, средства защиты растений – опрыскивателем ОП-2000. Нитроаммофоска (16:16:16) применяли перед посевом озимой пшеницы под предпосевную культивацию.

Агротехника опыта – общепринятая в зоне и области. Учет урожая осуществлялся методом сплошной уборки учетной площади делянок. В опыте использовались районированные в области и зоне сорта озимой пшеницы.

Посев озимой пшеницы проводили с 25 августа по 5 сентября на глубину 4–5 см, с нормой высева 4,5 млн всхожих семян на 1 га.

Методической основой выполняемых исследований служил полевой факториальный эксперимент [5]. При выполнении исследований руководствовались общепринятыми методиками, согласно которым, были проведены следующие наблюдения и учеты:

- агрометеорологические показатели фиксировали на метеопосту, расположенном на территории опытного поля ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН» в соответствии с «Руководством для агрометеорологических постов»;

- определяли содержание в почве подвижного фосфора и обменного калия по Чирикову (ГОСТ 26204-91), гумус по Тюрину (ГОСТ 26213-93), рН солевой вытяжки по ГОСТ 26212 – 91. Почвенные образцы отбирали в 0–30 см слое почвы, смешанный образец составляли из трех индивидуально взятых проб, отобранных из точек, расположенных равномерно по длине делянки.

- учет урожая проводили при помощи комбайна Сампо-500, методом сплошной уборки учетной площади делянок опыта.

- статистическую обработку полученных данных осуществляли методом дисперсионного анализа с использованием компьютерных программ (NIRSMAN, Microsoft Office Excel).

Образцы почв для определения основных показателей плодородия отбирали в вариантах: контроль, навоз, 40 т/га (8 т/га севооборотной площади), навоз, 40 т/га (8 т/га севооборотной площади) с внесением минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ (на севооборотную площадь).

Результаты и их обсуждение. Наблюдения за основными показателями чернозема типичного осуществлялись на протяжении тридцати лет, в течение шести ротаций зернопаропропашного севооборота. Важным показателем плодородия является содержание гумуса в почве. По своим природным свойствам черноземы относятся к почвам с высоким уровнем плодородия. Оптимальные значения содержания гумуса варьируют от 4 до 6 % и считаются малогумусными, черноземы с содержанием гумуса превышающем 6 % относятся к среднегумусным [2]. На территории юга Среднерусской возвышенности в результате длительного антропоген-

ного воздействия в черноземах содержание гумуса в настоящее время колеблется от 2,5 до 7 % [16].

В зернопаропропашном севообороте в начале ротации на контроле и на удобренных делянках содержание гумуса отмечалось на уровне 4,9 %. По истечении второй ротации (10 лет) изменения в его содержании не наблюдалось и оно оставалось на том же уровне. В конце шестой ротации (30 лет) в контрольном варианте содержание гумуса уменьшилось на 0,2 % и составляло 4,7 %. Применение навоза в дозе 40 т/га достоверно повышало значение показателя на 0,5 %, что является закономерным процессом, который отмечают ряд исследователей [8, 10]. Совместное применение навоза и минеральных удобрений на протяжении 30 лет не изменяет содержание гумуса в почве. В целом за исследуемый период содержание гумуса находится в оптимальных пределах, в вариантах с применением органических удобрений в дозе 40 т/га отмечается достоверное его увеличение (табл.).

Влияние удобрений на основные показатели плодородия чернозема

Исследуемый период	Содержание гумуса, %	рН солевой	P_2O_5 по Чирикову, мг/кг	K_2O по Чирикову, мг/кг	Урожайность оз. пшеницы, т/га
<i>Контроль (без удобрений)</i>					
Начало 1-й ротации	4,9	5,5	53,0	95,0	3,4
Конец 2-й ротации	4,7	5,1	47,0	90,0	3,1
Конец 6-й ротации	4,7	5,4	43,7	110,0	3,0
<i>Навоз, 40 т/га (по 8 т/га севооборотной площади)</i>					
Начало 1-й ротации	4,9	5,4	51,0	92,0	3,9
Конец 2-й ротации	4,8	5,0	54,0	104,0	3,9
Конец 6-й ротации	5,4	5,4	58,7	123,9	4,1
<i>Навоз, 40 т/га + $N_{60}P_{60}K_{60}$</i>					
Начало 1-й ротации	4,9	5,6	55,0	94,0	4,4
Конец 2-й ротации	4,9	5,1	91,0	116,0	4,8
Конец 6-й ротации	5,1	5,4	154,1	160,0	5,4
Оптимальные значения	4,0–6,0	5,5–6,5	121–151	140–160	
HCP_{05}	0,2	0,2	30,6	16,7	0,4

Кислотность почвы оказывает значительное влияние на формирование урожайности сельскохозяйственных культур. Она обусловлена многими факторами, способными ее изменять, но наиболее значительными являются почвенно-климатические условия и формы применяемых удобрений [4]. Согласно принятой группировке почв по степени кислотности, определяемой в солевой вытяжке, в исследуемых вариантах почва относится к слабокислой (5,4) и близко к нейтральной градации (5,6) в начале первой ротации. В конце второй ротации на контроле и на вариантах с удобрениями отмечается статистически значимое (понижение) подкисление почвенного раствора на 0,4–0,5 единицы. По истечении шестой ротации наблюдается увеличение кислотности почвы до исходного уровня во всех вариантах (см. табл.).

Одним из главных факторов, определяющих рост и развитие сельскохозяйственных культур, является содержание подвижных форм фосфора и калия. При этом

обеспеченность растений доступными формами элементов питания – один из важнейших показателей эффективного плодородия почвы.

Установлено, что в начале первой ротации содержание подвижного фосфора на контроле составляло 53,0 мг/кг почвы. После второй ротации его количество уменьшилось на 6,0 мг/кг, по истечении шестой ротации содержание подвижного фосфора понизилось до 43,7 мг/кг, т.е. на 9,3 мг/кг. Однако статистически эти изменения не достоверны. Поэтому после 30-летнего использования исследуемый чернозем без применения удобрений по содержанию подвижных форм фосфора остается на низком уровне (см. табл.).

Применение навоза в дозе 40 т/га способствовало увеличению этого показателя на 3,0 мг/кг в конце второй ротации и на 7,7 мг/кг в конце шестой ротации. Однако эти изменения статистически также не достоверны и можно утверждать, что внесение одного навоза не способно повысить подвижный фосфор даже до оптимального уровня и его содержание в почве относится к средней группе обеспеченности (см. табл.).

Совместное внесение навоза и минеральных удобрений привело к значительному повышению подвижного фосфора после второй ротации на 36,0 мг/кг почвы, а после шестой ротации это увеличение составляло уже 99,1 мг/кг почвы и достигало 154,1 мг/кг. Такое количество подвижного фосфора в почве удалось получить только через 30 лет систематического применения органоминеральных удобрений в зернопаропропашном севообороте (см. табл.).

Следует отметить, что оптимальное значение этого показателя составляет 121-151 мг/кг [2]. За 20 последних лет содержание подвижного фосфора увеличилось на 63 мг/кг, и можно предположить, что большая часть подвижного фосфора выносится культурами севооборота. Однако в почве остается значительное его количество, увеличивая обеспеченность этим элементом до высокого уровня.

Подвижный калий является важным элементом питания растений. Оптимальный уровень концентрации подвижного калия для типичного чернозема – 140-160 мг/кг. [15]. Черноземы считаются почвами с повышенным содержанием доступного калия [7]. Однако несмотря на это, анализ современных массовых данных по калию в почвах ЦЧЗ показывает, что для оптимизации режима калийного питания возделываемых культур на черноземах необходимо увеличивать его поступление в почву. [15]. Поступая в почву калий не вымывается из нее, а способен фиксироваться глинистыми минералами [1] при трансформации смектитовых структур в гидрослюды [17].

Наблюдения за содержанием подвижного калия в почвах в зернопаропропашном севообороте показали, что в начале ротации во всех изучаемых вариантах его величина составляла 92,0-95,0 мг/кг почвы. На контроле в конце второй ротации отмечается незначительное его понижение на 5 мг/кг, но в конце шестой ротации наблюдается достоверное увеличение на 21,0 мг/кг. Применение навоза в дозе 40 т/га не способствовало достоверному увеличению содержания подвижного калия и оно оставалось ниже оптимального уровня. В конце шестой ротации содержание подвижного калия в почве находилось на повышенном уровне обеспеченности и составляло 123,9 мг/кг. Совместное применение

навоза в дозе 40 т/га и минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ способствовало увеличению показателя после второй ротации на 22 мг/кг, а после шестой ротации на 44 мг/кг, достигая верхнего предела оптимального уровня (160,0 мг/кг), что соответствует высокому его содержанию (см. табл.).

Оценка влияния удобрений на основные показатели плодородия чернозема проводилась по основной культуре севооборота – озимой пшенице. Озимая пшеница – важная продовольственная культура, обладающая высокой продуктивностью, отзывчивостью на удобрения, хороший предшественник для многих сельскохозяйственных культур. Она является наиболее распространенной культурой в юго-западной части Центрально-Черноземной зоны, где для ее возделывания отводится значительная часть пахотных земель.

Оценивая урожайность озимой пшеницы в варианте, где удобрения не применяли в течении 30 лет, следует отметить, что потенциальное плодородие чернозема дает возможность стабильно получать более 3 т/га зерна этой культуры. Применение навоза в дозе 40 т/га дает небольшую прибавку (0,2 т/га) только в конце шестой ротации, где урожайность озимой пшеницы составляла 4,1 т/га. В варианте, где вносили навоз и минеральные удобрения удалось получить прибавку в конце второй ротации 0,4 т/га, а после шестой ротации уже статистически достоверную – до 1,0 т/га. Озимая пшеница требовательна к плодородию почвы, соответственно, чтобы получить более 5 т/га зерна озимой пшеницы необходимо, чтобы почва содержала гумуса 5-6 %, подвижного фосфора и калия в оптимальных пределах – от 120 до 160 мг/кг почвы, реакция почвенной среды не должна выходить за значение 5,5 единиц и была близко к нейтральной.

Выводы. 1. Чернозем типичный обладает достаточно устойчивым плодородием, однако длительное антропогенное воздействие смещает экологическое равновесие и меняет режим накопления органического вещества в пахотных почвах, уменьшая его количество. Многолетнее применение органических удобрений в дозе 40 т/га в течении 30 лет позволяет увеличить содержание гумуса на 0,5 %. При совместном внесении органических и минеральных удобрений наблюдается тенденция к его увеличению на 0,2 %,

2. В исследуемом черноземе в процессе многолетнего воздействия наблюдается статистически значимое изменение потенциальной кислотности в вариантах, где вносили органические удобрения в дозе 40 т/га. За 30-летний период реакция почвенной среды изменялась от 4,9 единиц в начале первой ротации до 5,4 единиц в конце шестой ротации. Совместное применение навоза и минеральных удобрений не привело к статистически значимому изменению показателя, который соответствует слабокислой реакции среды по принятой группировке почв.

3. Содержание подвижных форм фосфора и калия характеризует эффективное плодородие чернозема и их количество изменяется в зависимости от применения удобрений. Содержание подвижного фосфора в почве без внесения удобрений остается на низком уровне обеспеченности. Применение органических удобрений в дозе 40 т/га способствует незначительному его повышению на 7,7 мг/кг и только совместное внесение навоза и минеральных удобрений увеличивает содержание

подвижного фосфора на 36,0 мг/кг после второй ротации и на 63,1 мг/кг после шестой ротации.

Подвижный калий в исследуемом черноземе в процессе сельскохозяйственного использования без внесения удобрений изменяется неравномерно от средней обеспеченности до повышенной, что может быть связано с почвенно-климатическими условиями и особенностями закрепления калия в черноземных почвах. Внесение органических удобрений в дозе 40 т/га повышает содержание подвижного калия после шестой ротации на значимую величину 31,0 мг/кг. Многолетнее внесение навоза не позволило достигнуть оптимального содержания этого элемента, которое осталось на среднем уровне обеспеченности (123,9 мг/кг). Совместное применение органических и минеральных удобрений способствует значительному увеличению данного показателя в черноземе – от 94,0 до 160 мг/кг.

4. Оценка плодородия чернозема типичного, проведенная по урожайности основной культуры зернопаропропашного севооборота озимой пшеницы, показала, что систематическое совместное внесение органических и минеральных удобрений после 30-летнего их применения дает возможность получить 5,4 т/га зерна озимой пшеницы и способно накапливать в почве до 153 мг/кг подвижного фосфора и 160,0 мг/кг подвижного калия при оптимальном содержании гумуса 5,1 % и рН почвенного раствора 5,4 ед.

Литература

1. Адерихин, П.Г. Калий, его содержание, формы и распределение в почвах Центрально-Черноземных областей / П.Г. Адерихин, А.Б. Беляев // Почвоведение. – 1973. – №10. – С. 99-106.
2. Акулов, П.Г. Воспроизводство плодородия и продуктивность черноземов / П.Г. Акулов. – М.: Колос, 1992. – 223 с.
3. Алиев, А.М. Урожайность и качество зерна озимой пшеницы при комплексном применении средств химизации / А.М. Алиев, Г.И. Ваулина, Л.Н. Самойлов, Е.Н. Старостина // Плодородие. – 2018. – №3. – С. 12-14.
4. Гречишкина, Ю.И. Изменение реакции среды почвенного раствора чернозема выщелоченного в связи с длительным применением систем удобрения / Ю.И. Гречишкина, А.Н. Есаулко, М.С. Сигида, С.А. Коростылев // Агрохимический вестник. – 2016. – № 3. – С. 7-10.
5. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
6. Минакова, О.А. Влияние последствий удобрений на урожайность культур в зернопаропропашном севообороте лесостепи ЦЧР / О.А. Минакова, Л.В. Александрова, Т.Н. Подвикина // Агрохимия. – 2019. – № 8. – С. 18-23. doi: 10.1134/S0002188119080088.

7. Минеев, В.Г. Агрохимия / В.Г. Минеев. – М.: изд-во МГУ, 2004. – 720 с.
8. Никитин, С.Н. Изменение содержания гумуса в почве за ротацию севооборота при использовании удобрений / С.Н. Никитин // Достижения науки и техники АПК. – 2015. – Т. 29. – №10. – С.13-15.
9. Ожередова, А.Ю. Влияние минеральных удобрений на содержание элементов питания в растениях и урожайность зерна озимой пшеницы / А.Ю. Ожередова, А.Н. Есаулко // Плодородие. – 2019. – №4. – С. 6-8.
10. Сычев, В.Г. Современное состояние и динамика плодородия пахотных почв России / В.Г. Сычев, М.И. Лунев, А.В. Павлихина // Плодородие. – 2012. – №4. – С. 5-7.
11. Сычев, В.Г. О балансе питательных веществ в земледелии России / В.Г. Сычев, С.А. Шафран // Плодородие. – 2017. – №1. – С. 1-4.
12. Сычев, В.Г. Трансформация калия в почвах агроценозов без применения удобрений / В.Г. Сычев, Л.В. Никитина // Плодородие. – 2017. – №6. – С. 5-7.
13. Сычев, В.Г. Результаты мониторинга урожайности сельскохозяйственных культур, продуктивности севооборотов и изменения свойств почв в длительных опытах Географической сети / В.Г. Сычев, С.А. Шафран // Плодородие. – 2017. – №6. – С. 2-4.
14. Тютюнов, С.И. Влияние приемов основной обработки почвы, удобрений и средств защиты растений на продуктивность озимой пшеницы / С.И. Тютюнов, П.И. Солнцев, Ю.В. Хорошилова, М.В. Емец, Ж.Ю. Горохова // Достижения науки и техники АПК. – 2020. – № 5. – С. 18-23. doi: 10.24411/0235-2451-2020-10503.
15. Чекмарев, П.А. Мониторинг калийного режима черноземов ЦЧР / П.А. Чекмарев, С.В. Лукин, Ю.И. Сискевич, Н.П. Юмашев, В.И. Корчагин, А.Н. Хижняков // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – № 8. – С. 3-6.
16. Чендев Ю.Г. Длительные изменения содержания гумуса в пахотных черноземах центра Восточно-Европейской равнины / Ю.Г. Чендев, Л.Г. Смирнова, А.Н. Петин, Н.С. Кухарук, Л.Л. Новых // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – № 8. – С. 6-8.
17. Чижикина Н.П., Градусов Б.П., Травникова Л.С. Минералогический состав глинистого материала / Н.П. Чижикина, Б.П. Градусов, Л.С. Травникова // Структура, функционирование и эволюция системы биогеоценозов Барабы. Т. 1: Биогеоценология и их компоненты. – Новосибирск: Наука, 1974. – С. 159-163.
18. Чухина О.В. Влияние различных доз удобрений и гербицидов на продуктивность культур севооборота / О.В. Чухина, А.И. Демидова, Е.И. Куликова, Н.В. Токарева // Плодородие. – 2017. – №3. – С. 5-10.
19. Шаповалова, Н.Н. Кислотно-основные свойства чернозема обыкновенного после длительного внесения минеральных удобрений / Н.Н. Шаповалова, Е.И. Годунова // Плодородие. – 2016. – №4. – С. 15-18.
20. Tyutyunov Sergey. Agroecological justification of winter wheat fertilization systems in the south-west of the Central Black-soil region / Sergey Tyutyunov, Pavel Solntsev, Alexey Stupakov, Marina Kulikova, Al Dhuhaibawi Haider Khalaf // E3S Web Conf. XIII International Scientific and Practical Conference "State and Prospects for the Development of Agribusiness – INTERAGROMASH 2020" Volume 175, 07005 (2020) <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202017507005>

COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF THE LONG-TERM USE OF FERTILIZERS ON THE MAIN INDICATORS OF THE FERTILITY OF TYPICAL CHERNOZEM

**Tyutyunov S. I., Director, Dr. S.-H. corresponding Member of the Russian Academy of Sciences,
Belgorod Federal Agrarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences
Oktyabrskaya str. 58, Belgorod, 308001,**

The assessment of the effect of fertilizers on the main indicators of the fertility of typical chernozem was carried out in the grain-arable crop rotation on the following options: control, manure 40 t/ha (8 t/ha of the crop area), manure 40 t/ha together with mineral fertilizers at a dose of N60P60K60 (per crop area). It was found that during the 30-year observation period, a significant increase in the humus content in chernozem was observed when 40 t/ha of manure was applied by 0.5 %, reaching a value of 5.4 %. During the study period, an uneven change in the acidity of chernozem was observed, and after the sixth rotation, this indicator remained within 5.4 units in all variants. The combined application of manure and mineral fertilizers contributes to a significant increase in mobile phosphorus and potassium to 154.1 and 160.0 mg / kg, which corresponds to an increased and high content of it, reaching the upper limit of the optimal level. The potential and effective fertility of the typical chernozem after 30 years of use in the grain-fallow crop rotation makes it possible to consistently obtain more than 5 t / ha of winter wheat grain.

Keywords: typical chernozem, potential and effective fertility, humus content, mobile phosphorus, mobile potassium, soil acidity, change in fertility.