

МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ ГУМУСА В ЧЕРНОЗЕМЕ ВЫЩЕЛОЧЕННОМ В УСЛОВИЯХ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ

А. И. Громовик

Воронежский государственный университет

Поступила в редакцию 02.02.2010 г.

Аннотация. В длительном стационарном опыте выявлена многолетняя динамика содержания гумуса и дан прогноз его изменения в черноземе выщелоченном зерносвекловичного севооборота на разных уровнях удобрения до 2050 г.

Ключевые слова: минеральные удобрения, навоз, гумус, прогноз, стационарный опыт, чернозем выщелоченный.

Abstract. In long stationary experience long-term dynamics of the maintenance of humus is revealed and the forecast of its change in leached chernozem grain-sugar beet a crop rotation is given at application of fertilizers till 2050.

Keywords: mineral fertilizers, manure, humus, forecast, long-term experiment, leached chernozem.

ВВЕДЕНИЕ

Содержание гумуса является наиболее важным показателем плодородия и экологического состояния черноземов. Органическое вещество определяет структуру почвы, в значительной степени формирует ее физико-химические и обменные свойства и в определенной степени служит депо питательных элементов [1—3]. Гумус обеспечивает устойчивость почвы к внешним воздействиям, и тем самым поддерживает одну из глобальных функций — биогенность почв [4].

В результате интенсивных процессов минерализации гумуса под действием антропогенных нагрузок черноземы приобретают черты выпаханности [5]. Многочисленные исследования показывают активное развитие дегумификации при распашке черноземов и их дальнейшем использовании в сельском хозяйстве [6]. Применение удобрений — является мощным фактором, влияющим на параметры гумусового состояния почв и в целом на их эффективное плодородие [6, 7]. Однако, удобрения примерно лишь на 50—60 % удовлетворяют потребность возделываемых культур в азоте, остальную же часть растения получают из почвы за счет непрерывной минерализации гумуса, что приводит к снижению его запасов в почве [4]. По данным К.В. Дьяконовой (1984) ежегодная минерализация гумуса в почвах Центрально-Черноземного района составляет под зерновыми культурами 0.7 т/га, пропашными 2.0 и в черном пару — 2.2 т/га.

В связи с этим, одной из главных сторон агро-экологического мониторинга черноземов является количественная оценка скорости дегумификации и баланса гумуса в почве при возделывании той или иной культуры. Современное изучение динамики содержания гумуса связано с решением достаточно сложных методических проблем [8]. Они вызваны в первую очередь варьированием содержания гумуса в почвах и наличием различных методик определения этого показателя, что в определенной степени может исказить реальную картину динамики гумуса. Поэтому важнейшим приемом в решении этих вопросов являются длительные стационарные опыты, в которых наиболее реально можно изучить процессы аккумуляции и минерализации гумуса, спрогнозировать динамику его на перспективу и наметить приемы регулирования органического вещества почв.

Преимущество стационарных опытов заключается в том, что на их базе ежегодно реализуется комплекс одних и тех же факторов (внесение различных видов и доз удобрений, разные способы обработки почвы, соблюдение севооборота и другие агроприемы), которые в той или иной степени оказывают влияние на состав и свойства почв, в том числе и на гумусовое состояние. На протяжении многих лет в условиях стационарных опытов появляется возможность исследования степени влияния того или иного фактора на гумусовое состояние почв, динамику гумуса и составить прогноз его изменения в будущем. Другим важным преимуществом стационарных опытов является соблюдение

ние в них главного в методологическом аспекте принципа — единства различий. И наконец, в виду того, что гумус является относительно консервативным свойством и характеризуется большим характерным временем то, чем длительней по времени полевой опыт, тем точнее можно спрогнозировать процессы динамики гумуса в почвах.

В связи с этим целью настоящей работы являлось определить темпы динамики гумуса, а также разработать прогноз изменения гумусированности чернозема выщелоченного в зерносвекловичном севообороте стационарного полевого опыта в условиях длительного применения удобрений.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Исследования проводились в 2006—2008 гг. на территории землепользования Государственного научного учреждения Всероссийского научно-исследовательского института сахарной свеклы и сахара им. А. Л. Мазлумова (Рамонский р-н Воронежской обл.).

Объектом исследований послужила почва длительного стационарного опыта — чернозем выщелоченный малогумусный среднемощный тяжелосуглинистый на тяжелом карбонатном суглинке. Почва опыта характеризуется величиной pH_{KCl} 4.8—5.7. Сумма поглощенных оснований колеблется от 27 до 29 мг-экв/100 г почвы. Гидролитическая кислотность изменяется от 4.12 до 6.34 мг-экв/100 г почвы. Степень насыщенности основаниями составляет более 90 %. Содержание подвижного азота по Грандваль-Ляжу изменяется от 1.2 до 2.4, фосфора и калия по Чирикову от 9.5 до 16.0 и от 9.8 до 19.3 мг/100 г почвы соответственно. Почва опыта обладает благоприятными общими физическими и водно-физическими свойствами.

Стационарный опыт был заложен в 1936 г. и представляет собой девятипольный зерносвекловичный севооборот со следующим чередованием культур по полям: черный пар — озимая пшеница — сахарная свекла — ячмень — однолетние травы — озимая пшеница — сахарная свекла — горох — овес. Под сахарной свеклой было занято 22.2 % севооборотной площади, зерновыми — 44.4 %, зернобобовые, кормовые культуры, а также черный пар занимали по 11.1 %.

В стационарном опыте исследовались следующие варианты с различными дозами внесения минеральных и органических удобрений:

- 1) контроль — без внесения удобрений;
- 2) $N_{90}P_{90}K_{90} + 25$ т/га навоза;
- 3) $N_{135}P_{135}K_{135} + 25$ т/га навоза;

4) $N_{45}P_{45}K_{45} + 50$ т/га навоза;

5) $N_{120}P_{120}K_{120} + 50$ т/га навоза.

Повторность опыта трехкратная. Размещение вариантов систематическое. Площадь опытной делянки и учетная площадь составляет соответственно 133.7 и 10.8 м². Выращивались районированные сорта и гибриды сахарной свеклы и других культур севооборота. В качестве минеральных удобрений использовалась азофоска (16 : 16 : 16), которая вносилась под сахарную свеклу перед основной обработкой почвы. Навоз вносили один раз за ротацию севооборота в пару. В качестве основной обработки почвы под сахарную свеклу использовали глубокую зяблевую вспашку на 30—32 см и плоскорезную обработку почвы под озимую пшеницу.

Почвенные образцы отбирались буром с поля под сахарной свеклой в звене с черным паром, в которых определяли общее содержание гумуса по методу И. В. Тюрина в модификации В. Н. Симанова (ГОСТ 26213—91).

Для анализа и прогноза изменения гумусированности почвы на разных уровнях ее удобренности, были использованы данные лаборатории агрохимии ГНУ ВНИИСС по содержанию гумуса в почве за период с 1936 по 2005 гг. и наши данные за 2006—2008 гг. Обработку данных и анализ эмпирических зависимостей проводили с использованием пакета программ Statistika v.6.0 и Microsoft Excel 2007 для ПК.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Содержание гумуса в почве перед закладкой стационарного опыта характеризовалось как среднее и составляло 6.10 % (табл. 1). На всех без исключения вариантах опыта за 72 года применения удобрений произошло снижение содержания гумуса в почве.

С большей скоростью процессы дегумификации протекали в первые десятилетия после распашки почвы и внесения удобрений. При этом на разных вариантах опыта падение содержания гумуса протекало с разной интенсивностью. Так, градиенты падения гумуса за первые 10 лет опыта увеличивались в ряду: $N_{45-120}P_{45-120}K_{45-120} + 50$ т/га навоза, $N_{90-135}P_{90-135}K_{90-135} + 25$ т/га навоза, контроль и составляли соответственно 0.10, 0.16—0.29, 0.77%. За последнее десятилетие градиенты падения гумуса значительно снизились и в этом же ряду составляли соответственно — 0.02—0.03, 0.01—0.02, 0.05%. Вероятно, это связано с тем, что деградационные явления перешли в относительное

Динамика содержания гумуса в черноземе выщелоченном на разных уровнях удобрённости

Годы	Варианты опыта					Период после закладки опыта, лет
	контроль — без внесе- ния удобрений	$N_{90}P_{90}K_{90} + 25$ т/га навоза	$N_{135}P_{135}K_{135} + 25$ т/га навоза	$N_{45}P_{45}K_{45} + 50$ т/га навоза	$N_{120}P_{120}K_{120} + 50$ т/га навоза	
	содержание гумуса, %					
1936	6.10	6.10	6.10	6.10	6.10	1
1947	5.33	5.81	5.94	6.00	6.00	11
1960	5.01	5.38	5.46	5.90	5.95	24
1982	5.01	5.30	5.44	5.70	5.76	46
2002	4.94	5.23	5.38	5.70	5.72	66
2008	4.89	5.21	5.37	5.72	5.75	72
градиенты падения гумуса, %						
1947	0.77	0.29	0.16	0.10	0.10	—
1960	0.32	0.43	0.48	0.10	0.05	—
1982	0.00	0.08	0.02	0.20	0.19	—
2002	0.07	0.07	0.06	0.00	0.04	—
2008	0.05	0.02	0.01	-0.02	-0.03	—
± % гумуса от исходного						
—	-1.21	-0.89	-0.73	-0.38	-0.35	—
средняя расчетная скорость дегумификации, % гумуса в год						
—	0.017	0.012	0.010	0.005	0.005	—
± % гумуса от контроля						
—	0.00	0.32	0.48	0.83	0.86	—

квазиравновесное состояние с гумусообразованием при данных уровнях поступления органики в почву и неизменности системы удобрения (в течение 72 лет).

Максимальные потери гумуса за 72-летний период были на неудобренном варианте. Содержание гумуса в пахотном горизонте почвы снизилось до 4.89%, или в абсолютных величинах на 1.21%, при расчетной скорости дегумификации 0.017% гумуса в год. Ведущая роль в снижении потерь гумуса принадлежала внесению повышенных доз навоза. Так самые низкие потери гумуса в почве

были на вариантах при внесении $N_{45-120}P_{45-120}K_{45-120} + 50$ т/га навоза. Здесь содержание гумуса относительно исходного уменьшилось лишь на 0.35—0.38%, а среднегодовая скорость дегумификации снизилась до 0.005% гумуса в год. На остальных вариантах опыта потери гумуса составляли порядка 0.73—0.89% при скорости дегумификации 0.010—0.012% гумуса в год.

Несмотря на то, что содержание гумуса за время проведения опыта не сохранилось на исходном уровне, применение различных систем удобрения способствовало заметному увеличению этого по-

казателя относительно неудобренного варианта. Как уже отмечалось, главным фактором повышения гумусированности почвы являлось внесение навоза. Установлено, что при увеличении дозы навоза на 10 т/га содержание гумуса в почве возрастало на 0.25%. Так, на вариантах, где вносили $N_{45-120}P_{45-120}K_{45-120} + 50$ т/га навоза, этот показатель повышался на 0.83—0.86% по сравнению с неудобренным фоном.

Важной задачей сохранения плодородия черноземов является прогнозирование изменения гумусированности почв при длительном применении разных доз удобрений. Прогнозирование гумусового состояния почв является сложной задачей, и возможно лишь в относительно одинаковых условиях внешней среды. Таким условиям на наш взгляд в той или иной мере удовлетворяют корректно заложенные стационарные опыты.

В последнее время в естественной науке широкое распространение получили математико-статистические модели [9]. Обычно они строятся и верифицируются на основе имеющихся наблюдений изучаемого показателя и так называемых объясняющих факторов. Причем одни и те же данные можно описать разными функциональными зависимостями. Поэтому выбор нужной функции должен базироваться на механизме изменения и сущности самого почвенного процесса.

Прогнозирование изменения гумусового состояния почвы опыта на разных уровнях удобрений проводили для каждого варианта отдельно. Поэтому влияющим фактором была не доза удобрений, а количество лет, которое пройдет после закладки опыта (t), например, для 2008 года $t=72$.

В качестве функциональной зависимости была выбрана логарифмическая параметрическая функция вида:

$$y = \alpha \pm \beta \lg x \quad (1)$$

где: y — неизвестный параметр; α — коэффициент параметрической функции; β — коэффициент при объясняющем факторе; \lg — десятичный логарифм; x — количественная характеристика (объясняющий фактор).

Используя данные по гумусированности почвы опыта за период с 1936 по 2008 гг. и уравнение (1) были получены функциональные зависимости (2—6) содержания гумуса от временного фактора для каждого варианта опыта:

для неудобренного варианта:

$$H_p = 6.047 - 0.644 \cdot \lg t \quad (2)$$

для варианта $N_{90}P_{90}K_{90} + 25$ т/га навоза:

$$H_p = 6,155 - 0,503 \cdot \lg t \quad (3)$$

для варианта $N_{135}P_{135}K_{135} + 25$ т/га навоза:

$$H_p = 6,163 - 0,424 \cdot \lg t \quad (4)$$

для варианта $N_{45}P_{45}K_{45} + 50$ т/га навоза:

$$H_p = 6,148 - 0,228 \cdot \lg t \quad (5)$$

для варианта $N_{120}P_{120}K_{120} + 50$ т/га навоза:

$$H_p = 6,147 - 0,206 \cdot \lg t \quad (6)$$

где H_p — прогнозируемое содержание гумуса в почве, %. Ошибка модели составляет 0.01%.

Полученные функциональные зависимости (2—6) были описаны графически. Графики имеют вид вогнутых кривых (рис. 1). По оси Ox отложен влияющий фактор (t), по Oy зависимый фактор (H_p).

С помощью параметрических логарифмических функций было рассчитано теоретическое (прогнозное) содержание гумуса в почве опыта на различных вариантах до 2050 г. Полученные значения по гумусированности были использованы для расчета теоретического баланса гумуса относительно 2008 г.

Прогноз показал, что на неудобренном варианте содержание гумуса будет снижаться наиболее интенсивно по сравнению с другими вариантами опыта. Так в 2020 г. прогнозируемое содержание гумуса составит 4.81%, а его баланс (ΔH) -0.08 %. К 2050 г. уровень гумусированности снизится до 4.72%, что меньше относительно 2008 г на 0.17% (рис. 2).

При внесении $N_{90}P_{90}K_{90} + 25$ т/га навоза в 2020 г. баланс гумуса составит -0.02 %, а к 2050 г снизится до -0.09 % при уровне гумусированности почвы 5.12%.

На варианте $N_{135}P_{135}K_{135} + 25$ т/га навоза прогнозируемое содержание гумуса в 2020 г составит 5.35%, а к 2050 г этот показатель постепенно снизится до 5.29%, при этом баланс гумуса будет соответственно -0.02 и -0.08 % относительно 2008 г.

Повышение дозы навоза до 50 т/га на фоне $N_{45}P_{45}K_{45}$ будет способствовать менее интенсивному снижению содержания гумуса, так его баланс в 2020 и 2050 гг. составит соответственно -0.01 и -0.04 %.

При внесении 50 т/га навоза на фоне $N_{120}P_{120}K_{120}$ баланс гумуса относительно 2008 г будет уравновешен до 2020 г., а к концу прогнозируемого периода составит -0.03 %.

Таким образом, по результатам составленного прогноза выявлено, что содержание гумуса в почве очень медленно изменяется во времени. Применен-

ние $N_{120}P_{120}K_{120}$ и 50 т/га навоза в пару в большей степени будет способствовать снижению скорости дегумификации.

Следует отметить, что недостатком составленных моделей является то, что они не дают абсолютно точного прогноза. Поскольку динамика гумуса является очень сложным процессом, зависящим от

множества неучтенных в модели факторов, любое изменение в севообороте (набор культур и их концентрация, обработка почвы, виды и дозы удобрений, климат и пр.) может привести к изменениям гумусового состояния почвы. В связи с этим необходимо периодическое исследование гумусового состояния черноземов с последующей корректив-

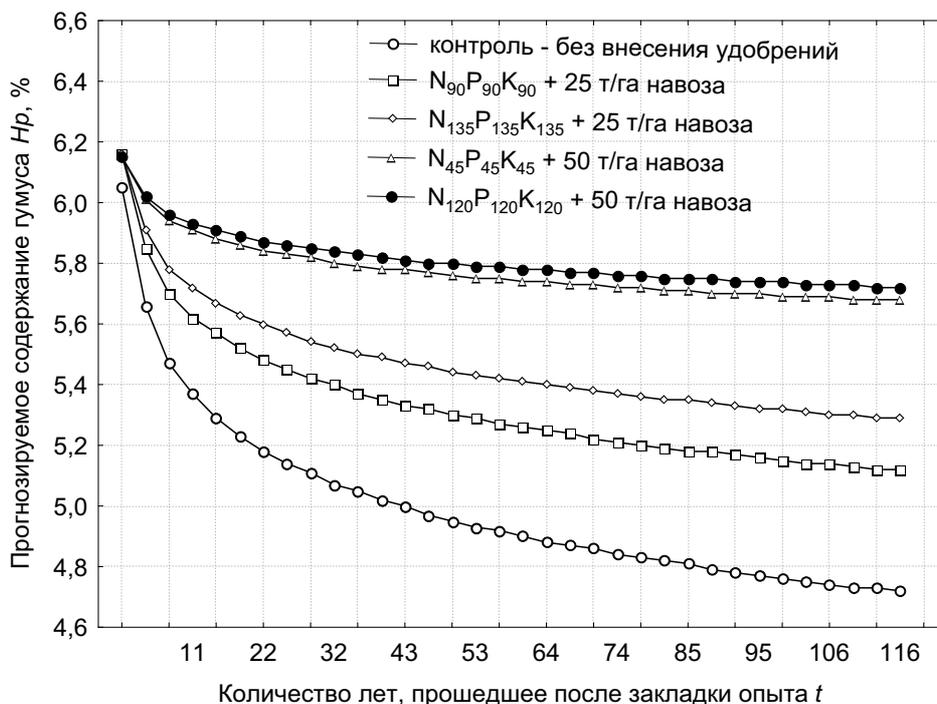


Рис. 1. Прогнозные тренды гумусированности чернозема выщелоченного на разных уровнях удобрённости

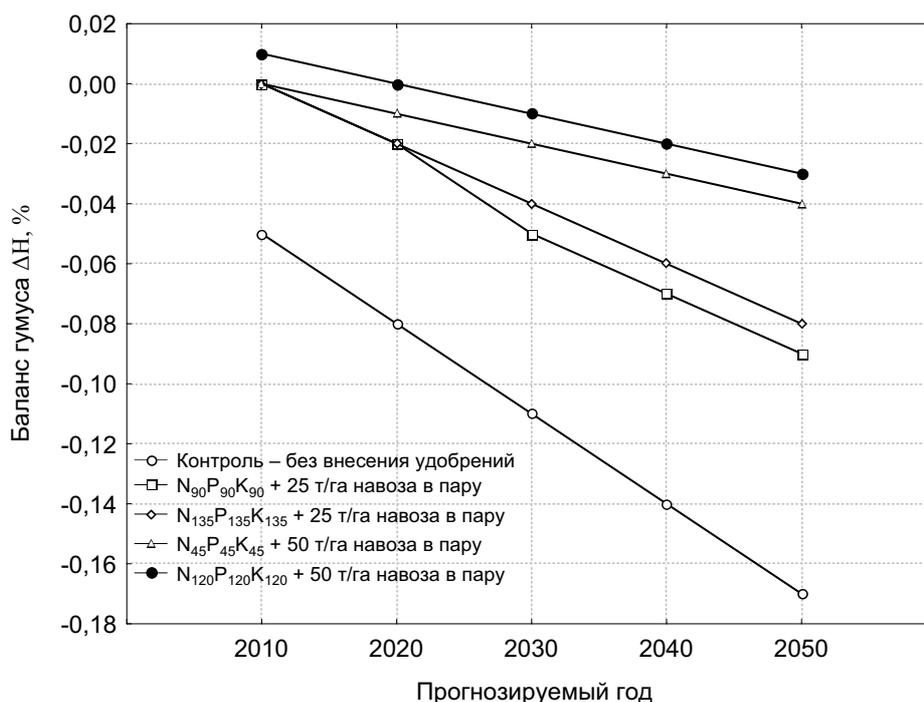


Рис. 2. Прогнозируемый баланс гумуса в черноземе выщелоченном на разных уровнях удобрённости

ровкой коэффициентов прогнозирующих уравнений (2—6).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение удобрений в течение 72 лет привело лишь к замедлению процессов дегумификации и в определенной степени стабилизировало содержание гумуса, но не способствовало сохранению его в почве на исходном уровне. Внесение удобрений приводит к росту содержания гумуса (на 0.32—0.86%) лишь относительно неудобренного варианта.

На основании прогноза гумусового состояния выявлено, что уровень гумусированности почвы при действии разных систем удобрений наиболее значительно изменяется в первые годы после внесения удобрения, затем содержание гумуса стабилизируется и очень медленно меняется во времени в результате перехода процессов гумусообразования в квазиравновесное состояние с деградиционными явлениями. Применение $N_{120}P_{120}K_{120}$ совместно с 50 т/га навоза в пару в наибольшей степени будет сдерживать потери гумуса почвой до 2050 г.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Александрова Л. Н.* Органическое вещество почвы и процессы его трансформации / Л.Н. Александрова. — М.: Наука, 1980. — 287 с.

2. *Кононова М. М.* Органическое вещество и плодородие почвы / М. М. Кононова // Почвоведение. — 1984. — № 8. — С. 6—20.

3. *Орлов Д. С.* Органическое вещество почв Российской Федерации / Д. С. Орлов, О. Н. Бирюкова, Н. И. Суханова. — М.: Наука, 1996. — 256 с.

4. *Черников В. А.* Устойчивость почв к антропогенному воздействию / В. А. Черников, Н. З. Милащенко, О. А. Соколов. — Пушкино: ОНТИ ПНЦ РАН, 2001. — 203 с.

5. *Дьяконова К. В.* Система показателей гумусового состояния для моделей плодородия черноземов. Плодородие черноземов в связи с интенсификацией их использования / К. В. Дьяконова // Научн. тр. почвенного института им. В. В. Докучаева. — М. — 1990. — С. 211—217.

6. *Шевцова Л. К.* Гумус черноземов и его изменения при интенсивном сельскохозяйственном использовании / Л. К. Шевцова // Плодородие черноземов России. — М. — 1998. — С. 196—224.

7. *Тюрин И. В.* Органическое вещество почвы и его роль в плодородии / И.В. Тюрин. — М.: Наука, 1965. — 320 с.

8. *Сорокина Н. П.* Динамика содержания гумуса в пахотных черноземах и подходы к ее изучению / Н. П. Сорокина, Б. М. Когут // Почвоведение. — 1997. — № 2. — С. 178—184.

9. *Якушев В. П.* Построение и анализ эмпирических зависимостей / В. П. Якушев, В. М. Буре, В. В. Якушев. — СПб.: Изд-во С-Петербур. ун-та, 2005. — 39 с.

Громовик Аркадий Игоревич — ассистент биолого-почвенного факультета Воронежского государственного университета, тел.: (473) 22-08-577, e-mail: agrom.ps@rambler.ru

Gromovik Arkadiy I. — assistant Voronezh state university, biological and soil science department, tel.: (473) 22-08-577, e-mail: agrom.ps@rambler.ru