

УДК 631.445.4:631.417.2

**ВЛИЯНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ГУМУСА НА СВОЙСТВА ВЫЩЕЛОЧЕННЫХ
ЧЕРНОЗЕМОВ И УРОЖАЙНОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР****Н. Ф. ГАНЖАРА, Б. А. БОРИСОВ, ХАМИДУ ДИАБИ****(Кафедра почвоведения)**

В вегетационно-полевых опытах изучалось изменение физических, физико-химических, агрохимических и других свойств выщелоченных черноземов в зависимости от их гумусированности. Исследовалось также влияние содержания гумуса в почве на урожайность различных сельскохозяйственных культур. Установлено, что урожайность в большей степени зависела от содержания легкоразлагаемых органических веществ, нежели от общего содержания гумуса.

Наличие гумуса в почве является качественным признаком, отличающим ее от горной породы. Помимо самого широкого участия в процессах почвообразования, гумус оказывает многогранное воздействие на свойства почвы и представляет собой как прямой, так и косвенный фактор почвенного плодородия. Общеизвестно влияние гумуса на питательный режим, физические, физико-химические, физико-механические, технологические, биологические и другие свойства почвы, однако количественные параметры в работах, посвященных этим вопросам, практически отсутствуют.

Литературные данные о зависимости между содержанием гумуса и урожайностью сельскохозяйственных культур имеют весьма противоречивый характер. Очень многие исследователи указывают на тесную корреляцию между содержанием или запасами в почве гумуса и урожаем [1, 5, 8, 9]. Однако следует учитывать, что наличие тесных корреляций еще не означает существования прямых причинно-следственных зависимостей. Нередко при сравнении почв в качестве более гумусированных используются унавоживаемые поля или делянки без учета последствий навоза, которое может продолжаться до 10 и более лет. В то же время в ряде работ не выявлены корреляционные зависимости между уровнями гумусированности почв и урожайностью сельскохозяйственных культур [4, 10, 14, 16].

Большой интерес представляют исследования ряда авторов [15, 18], в которых проводится анализ данных некоторых отечественных и зарубежных длительных опытов. В ходе этих опытов содержание гумуса в вариантах с навозом заметно увеличилось, но урожайность сельскохозяйственных культур при этом не изменилась.

Влияние уровня гумусированности на урожай изучается также в специальных микрополевых и вегетационно-полевых опытах. Результаты этих опытов тоже противоречивы. В одних [2, 3, 7, 11, 12] указывается на значительное повышение урожаев, в том числе при внесении минеральных удобрений, по мере увеличения степени гумусированности почв. Правда, следует подчеркнуть, что в большинстве данных опытов имелись нарушения принципа единственного различия. Так, например, в одном из опытов [11] при сравнении почв с разной степенью гумусированности последние были взяты с залежи и с делянки опыта «вечный

пар», которые резко различались не только по степени гумусированности, но и по содержанию детрита. В других исследованиях [13, 19] не обнаружено достоверной связи между содержанием гумуса, урожаем и прибавкой урожая при внесении минеральных удобрений по мере увеличения гумусированности почвы.

Таким образом, имеющиеся в литературе данные по количественной оценке влияния содержания гумуса в почве на урожайность сельскохозяйственных культур очень противоречивы. В связи с этим нами в 1982 г. на опытном поле учхоза им. М. И. Калинина Тамбовской области был заложен специальный вегетационно-полевой опыт, в котором изучалось влияние содержания гумуса в выщелоченных черноземных почвах на их свойства и урожайность сельскохозяйственных культур. Для получения образцов почв, отличающихся друг от друга только содержанием гумуса и свойствами, которые определяются этим показателем при максимально выравненных прочих свойствах, использовался гумусовый горизонт выщелоченного чернозема. Почву для опыта отбирали из гумусового горизонта одного разреза с разной глубины.

Известно, что гумусовый горизонт выщелоченного чернозема характеризуется относительно однородным механическим, минералогическим и химическим составом. С глубиной в пределах горизонтов А и В₁ содержание гумуса постепенно снижается и изменяются обусловленные им свойства. При этом несколько меняются качественный состав гумуса и возраст последнего. Чтобы устранить их влияние, мы взяли перемешанные в определенных соотношениях верхний, средний и нижний слои гумусового горизонта. Таким образом были получены 3 варианта почв, в которых содержание гумуса составляло 3,5; 4,5 и 5,5 %. Однородность сложения, а также механического и валового составов подтверждалась морфологически, микроморфологическим методом и результатами определения валового и гранулометрического состава. Опыт заложен в сосудах без дна размером 40×40×40 см, вкопанных в почву. В них насыпали по 20 кг лессовидного суглинка, затем по 50 кг приготовленных почв. Осенью 1982 г. был проведен уравнильный посев озимой пшеницы.

Опыт закладывали по следующей схеме: 1-й вариант — контроль (3 варианта почв с разным содержанием гумуса, без удобрений); 3-й — 1983 г. — NPK + навоз, 5 т/га; 1984—1986 гг. — навоз, 8 т/га; 8-й — 1983 г. — NPK + растительные остатки, 4 т/га; 1984—1986 гг. — NPK; 9-й — 1983 и 1984 гг. — NPK + растительные остатки, 8 т/га; 1985 и 1986 гг. — без NPK. Всего в опыте было 9 вариантов. В настоящем сообщении рассматриваются только 4, так как в остальных вариантах изучались другие вопросы.

Дозы навоза и растительных остатков выражены в пересчете на сухое вещество. Предусматривалось изучение влияния навоза, минеральных удобрений и растительных остатков на урожайность сельскохозяйственных культур, возделываемых на почвах разной степени гумусированности. Варианты опыта были практически неизменными в течение 4 лет (с начала опыта).

В 1983 и 1985 гг. возделывали ячмень на зерно, в 1984 г. — горох на зеленую массу, а после его уборки — горчицу белую на зеленую массу, в 1986 г. — кукурузу на зеленую массу. Повторность опыта 4-кратная. В опыте было 108 сосудов. При изучении свойств почв использовали общепринятые методы.

В табл. 1 представлены результаты определения некоторых свойств почв в образцах, отобранных в мае 1983 г. По мере увеличения содержания гумуса достоверно увеличивалась общая удельная поверхность почвы. При повышении содержания гумуса на 1 % общая удельная поверхность возрастала на 6—8 м²/г. Не отмечено существенных изменений в плотности сложения и плотности твердой фазы почвы в связи с изменением содержания гумуса в почве. Колебания плотности сложения и плотности твердой фазы были недостоверны и находились в пределах ошибки метода определения. Изменения общей пористости и ка-

Содержание гумуса и некоторые свойства черноземных почв
(в числителе — 1-й вариант, в знаменателе — 3-й вариант)

Показатель	Содержание гумуса, %			НСР ₀₅
	3,5	4,5	5,5	
Общая удельная поверхность, м ² /г	212,5	220,6	226,6	7,9
Плотность твердой фазы	2,60	2,60	2,55	Недостоверна
	2,58	2,61	2,62	
Плотность, г/см ³	0,96	1,02	0,98	То же
	0,98	0,98	0,97	
Общая пористость, %	63,1	60,8	61,6	—
	62,0	62,5	63,0	
Капиллярная влагоемкость, %	32,7	32,1	33,4	Недостоверна
	33,3	33,2	34,0	
Максимальная гигроскопическая влажность, %	9,2	9,0	8,8	То же
	9,0	8,9	8,7	
Емкость поглощения катионов, мг-экв на 100 г	37,3	38,9	43,3	—
	36,7	39,8	41,7	
Сумма обменных оснований, мг-экв на 100 г	31,5	32,6	35,7	3,3
	31,9	33,1	35,5	
Гидролитическая кислотность, мг-экв на 100 г	5,8	6,3	7,7	1,3
	4,8	6,7	6,2	
рН _{вод}	6,1	5,9	6,0	Недостоверна
	6,2	5,9	6,1	
Содержание, мг/100 г:				
обменного калия по Масловой	14	13	16	1,0
	15	15	16	
подвижных фосфатов по Чирикову	12	13	17	1,6
	12	12	16	
азота нитратов	0,6	0,9	1,0	Недостоверна
	0,8	1,0	1,4	

пильярной влагоемкости почв по вариантам опыта также оказались недостоверны. Наблюдалась тенденция к снижению максимальной гигроскопической влажности при увеличении содержания гумуса в почве.

По мере повышения содержания гумуса последовательно возрастала емкость поглощения почв, что также связано с увеличением суммы обменных оснований и гидролитической кислотности. Достоверные различия в величине суммы обменных оснований имелись только между крайними вариантами опыта (разница в содержании гумуса между которыми составляла 2 %). По гидролитической кислотности вариант с содержанием гумуса 3,5 % достоверно отличался от двух других вариантов, разница между которыми была недостоверна. Изменения рН водной суспензии почв по вариантам опыта с разным содержанием гумуса были недостоверны.

Почва, в которой содержалось 5,5 % гумуса, была обеспечена обменным калием лучше, чем почвы с более низкой гумусированностью. Внесение навоза совместно с NPK способствовало выравниванию содержания доступного растениям калия в почвах всех вариантов опыта. Обеспеченность доступными фосфатами почвы, содержащей 5,5 % гумуса, была значительно выше, чем почвы, в которой содержалось 4,5 и 3,5 % гумуса. Некоторое повышение содержания азота нитратов в почвах при увеличении содержания гумуса было недостоверным.

Окислительно-восстановительный потенциал в разных вариантах опыта находился в пределах 477—529 мВ и не зависел от общего со-

Агрегатный состав черноземных почв (в % к массе воздушно-сухой почвы)

Содержание гумуса, %	Размер фракций, мм								
	>10	10—7	7—5	5—3	3—2	2—1	1—0,5	0,5—0,25	<0,25
Сухое просеивание									
3,5	0	4,3	4,6	10,5	9,1	16,7	22,5	18,4	13,9
4,5	0	3,8	1,7	12,1	9,7	16,6	22,5	16,7	16,9
5,5	0,8	2,2	4,0	9,2	9,77	18,0	23,5	15,7	16,9
Мокрое просеивание									
3,5	—	—	—	0,2	1,0	2,9	15,0	16,5	64,4
4,5	—	—	—	0,6	1,5	2,7	12,3	14,7	68,2
5,5	—	—	—	1,1	1,8	2,0	10,5	12,7	71,9

держания гумуса, но закономерно изменялся по сезонам года в связи с изменением температуры и влажности.

В условиях опыта не установлено закономерных различий в агрегатном и микроагрегатном составе почв с разным уровнем гумусированности (табл. 2 и 3). Доля агрегатов размером 3—2, 2—1 и 1—0,5 мм несколько возрастала по мере увеличения содержания гумуса в почве. Количество агрегатов размером 0,5—0,25 мм при повышении степени гумусированности заметно снижалось. Почвы при всех уровнях содержания гумуса характеризовались низкой водопрочностью агрегатов. Количество микроагрегатов фракций 0,01—0,005 и 0,005—0,001 мм возрастало при увеличении степени гумусированности почв. Количество наиболее агрономически ценных микроагрегатов в почвах мало различалось (47,2—50,6 %).

Исследуемые почвы отличались сходным составом гумуса, хотя между ними и имелись определенные различия по этому показателю. Суммарное количество гумусовых кислот, извлекаемых из почв по методу И. В. Тюрина в модификации В. В. Пономаревой и Т. А. Плотниковой, значительно увеличивалось при повышении степени гумусированности почв (от 44,4 % при содержании гумуса 3,5 % до 67,5 % при содержании гумуса 5,5 %). Отношение $C_{гк} : C_{фк}$ в почве, содержащей 3,5 и 4,5 % гумуса, составило 2,0, а в варианте с 5,5 % гумуса — 2,3.

Численность микроорганизмов в почвах несколько возрастала при увеличении содержания гумуса в августовский срок определения. Для майского срока такой зависимости не установлено.

В табл. 4 представлены данные об урожайности ячменя, гороха, горчицы белой и кукурузы в 1983—1986 гг. (средние арифметические из 4 повторностей). Влияние содержания гумуса в почве на урожайность культур достоверно проявилось в основном только в контрольном варианте. При внесении значительных доз удобрений воздействие уровня гумусированности почв на урожай было недостоверным. Достоверная разность между вариантом с содержанием гумуса 3,5 % и двумя остальными вариантами отмечена для гороха и горчицы при внесении навоза. Урожай кукурузы в варианте с НРК при содержании гумуса 5,5 % был достоверно выше, чем при двух других уровнях содержания гумуса. Некоторая тенденция к повышению урожая кукурузы при боль-

Таблица 3

Микроагрегатный состав черноземных почв (% к массе сухой почвы)

Содержание гумуса, %	Размер фракций, мм					
	1—0,25	0,25—0,05	0,05—0,01	0,01—0,005	0,005—0,001	<0,001
3,5	45,0	30,3	19,1	1,9	2,9	0,8
4,5	41,3	30,4	20,2	4,3	3,0	0,8
5,5	40,0	29,6	17,6	7,4	5,0	0,4

Урожайность сельскохозяйственных культур (г/сосуд) в 1983—1986 гг.

Культура	Содержание гумуса, %			НСР _{об}
	3,5	4,5	5,5	
1-й вариант удобрения (контроль)				
Ячмень, зерно (1983 г.)	30,4	32,5	36,0	2,2
Горох, зеленая масса (1984 г.)	458,4	475,8	519,4	14,4
Горчица, зеленая масса (1984 г.)	307,3	318,4	325,2	11,5
Ячмень, зерно (1985 г.)	29,1	30,2	31,3	0,8
Кукуруза, зеленая масса (1986 г.)	281,0	305,0	359,0	70,8
3-й вариант удобрения				
Ячмень	67,0	68,8	66,6	Недостоверна
Горох	566,8	580,2	598,5	33,4
Горчица	345,3	361,2	368,8	16,3
Ячмень	49,7	50,5	50,6	Недостоверна
Кукуруза	363,0	395,0	380,0	То же
8-й вариант удобрения				
Ячмень	63,5	62,6	63,4	Недостоверна
Горох	603,9	617,1	619,9	То же
Горчица	359,4	357,2	361,1	»
Ячмень	58,5	58,7	58,7	»
Кукуруза	443,0	473,0	580,0	98,2
9-й вариант удобрения				
Ячмень	62,4	62,6	63,5	Недостоверна
Горох	627,0	632,9	633,0	То же
Горчица	377,4	377,9	364,6	»
Ячмень	59,7	61,4	61,0	»
Кукуруза	280,0	257,0	338,0	»

шем содержании гумуса наблюдалась в вариантах с навозом и растительными остатками, однако различия оказались недостоверными.

В 1986 г. в почвах определяли содержание мобильных форм гумуса, растворимого в 0,02 н. NaOH, и лабильных (легкоразлагаемых) форм органических веществ (ЛЛОВ) по предложенной авторами методике [6]. Результаты определения представлены в табл. 5. При снижении уровня гумусированности почв содержание мобильных форм гумуса уменьшалось. Корреляция между содержанием этих форм гумуса и урожаем зеленой массы кукурузы была низкой и недостоверной.

Таблица

Содержание углерода подвижных гумусовых веществ, растворимых в 0,02 н. NaOH, содержание и запасы углерода и азота легкоразлагаемых органических веществ в почвах (срок отбора образцов — май 1986 г.)

Вариант удобрения	Содержание гумуса, %	Содержание С, % к массе почвы		НЛОВ, % к массе почвы	Запас СЛОВ, т/га	Запас НЛОВ, кг/га
		в вытяжке 0,02 н. NaOH	ЛОВ			
1 (контроль)	5,5	0,21	0,09	0,0035	2,7	105
	4,5	0,19	0,08	0,0031	2,4	93
	3,5	0,17	0,09	0,0046	2,7	138
3	5,5	0,23	0,25	0,0114	7,5	342
	4,5	0,20	0,25	0,0097	7,5	291
	3,5	0,18	0,20	0,0152	6,0	456
7	5,5	0,19	0,09	0,0067	2,7	201
	4,5	0,19	0,06	0,0077	1,8	231
	3,5	0,16	0,08	0,0081	2,4	243
8	5,5	0,27	0,12	0,0123	3,6	369
	4,5	0,24	0,14	0,0110	4,2	330
	3,5	0,22	0,15	0,0110	4,5	330

По содержанию легкоразлагаемых органических веществ значительное преимущество имели варианты с внесением навоза и растительных остатков, этот показатель не зависел от общего содержания гумуса. Корреляция между содержанием легкоразлагаемых органических веществ в почвах и урожаем зеленой массы кукурузы была средней ($r=0,41$).

Выводы

1. При увеличении содержания гумуса в почве от 3,5 до 5,5 % наблюдалось достоверное повышение общей удельной поверхности (на $14 \text{ м}^2/\text{г}$), емкости поглощения катионов (на 5—6 мг-экв на 100 г), суммы обменных оснований (на 3,5—4,0 мг-экв на 100 г) и гидролитической кислотности (на 1,5—2,0 мг-экв на 100 г).

2. По мере увеличения содержания гумуса в почве значительно повышалось содержание обменного калия и подвижных форм фосфора. Не установлено существенной связи между содержанием гумуса (в диапазоне 3,5—5,5 %) и агрегатным и микроагрегатным составом, плотностью твердой фазы, плотностью почвы, капиллярной влагоемкостью, максимальной гигроскопической влажностью, рН и окислительно-восстановительным потенциалом.

3. При повышении содержания гумуса в почвах урожайность ячменя, гороха, горчицы белой, кукурузы достоверно повышалась только в контрольном варианте. В вариантах с минеральными и органическими удобрениями в большинстве случаев не установлено достоверных различий в изменении урожая всех испытываемых культур в зависимости от содержания гумуса.

4. Высокая и примерно равная эффективность органических и минеральных удобрений как в вариантах с низким, так и с высоким содержанием гумуса (в исследуемом диапазоне) позволяет заключить, что «критическое» значение содержания гумуса находится вне исследуемого диапазона (для изучаемых почв ниже 3,5 %). Урожайность испытываемых культур в большей степени зависела от содержания легкоразлагаемых органических веществ (навоза, растительных остатков), нежели от общего содержания гумуса в почве.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бобров В. А. Опыт определения формы и тесноты связи между урожайностью яровых хлебов и почвенно-климатическими показателями по данным прямого учета урожая для целей бонитировки почв. — Почвоведение, 1979, № 5, с. 77—87. — 2. Брагин А. М., Калининский А. В., Цыцковская И. В. Продуктивность севооборота в зависимости от гумифицированности почвы и применяемой системы удобрений. — В кн.: Резервы повышения плодородия почв и эффективности удобрений. Горки: БСХА, 1980, вып. 69, с. 3—8. 3. Бурыйкин А. М. Уровень содержания органического вещества в почве и ее плодородие. — В кн.: Свойства почв Центрально-Черноземной зоны и удобрение. Воронеж: Воронежский СХИ, 1983, с. 5—14. — 4. Веверс Э. В. Составление функции урожайности ячменя на основании данных полевых опытов с удобрениями. — В кн.: Методические указания по Географической сети опытов с удобрениями ВИУА. М.: ВИУА, 1972, вып. 20, с. 57—62. — 5. Гаврилюк Ф. Я. Бонитировка почв. — М.: Высшая школа, 1970. — 6. Ганжара Н. Ф., Борисов Б. А., Шевченко А. В., Деревягин В. А. Метод определения содержания и состава подвижных форм органических веществ в почвах. — Изв. ТСХА, 1987, вып. 1, с. 173—177. — 7. Карпущин А. И., Фрис В. А., Поленова Л. В. Урожай зеленой массы ячменя и кукурузы в зависимости от содержания и запасов гумуса в дерново-подзолистой почве. — Изв. ТСХА, 1986, вып. 2, с. 48—53. — 8. Крупеников И. А., Лунева Р. И. Корреляционная зависимость урожайности полевых культур от типов почв и их свойств. — В сб.: Вопросы исследования и использования почв Молдавии. Кишинев: Картя молдовеняскэ, 1966, с. 143—149. — 9. Крупкин П. И., Воронков П. Г. Основные принципы оценки влияния различных факторов на величину урожая. — Почвоведение, 1974, № 12, с. 53—56. — 10. Лупинович И. С., Кулаковская Т. Н., Богдевич И. М. и др. Значение агрохимических свойств почв при оценке их плодородия. — Почвоведение, 1963, № 5, с. 52—62. — 11. Лыков А. М. Страж плодородия. (О значении органического вещества почвы в интенсивном земледелии). — М.: Московский рабочий, 1976. — 12. Лыков А. М. Гумус и плодородие почв. — М.: Московский рабочий, 1985. — 13. Рауэ К., Зайберлих Р. Роль минеральных азотных удоб-

рений при воспроизводстве органического вещества в зависимости от различных запасов углерода и азота в почве. — Почвоведение, 1976, № 9, с. 57—64. — 14. Хлыстовский А. Д., Корниенко Е. Ф. Содержание и состав гумуса дерново-подзолистой почвы при длительном внесении удобрений. — Почвоведение, 1981, № 7, с. 49—55. — 15. Шевцова Л. К., Дробков Ю. А. Содержание гумуса в почвах Нечерноземья при длительном удобрении. — Почвоведение, 1981, № 10,

с. 113—120. — 16. Amann J., Wagner A. — Bayer. Landwirt. — Jb., 1983, Bd. 60, N 7, S. 874—884. — 17. Korschens M. — Feldwirtschaft, 1982, Jg. 23, N 9, S. 394—395. — 18. Oberlander H. E. — Förderungsdienst, 1979, Bd. 27, N 1, S. 16—19. — 19. Stumpe H., Garz J., Hagedorn E. — Arch. Acker. — Pflanzenbau u. Bodenk. Berlin, 1983, Bd. 27, N 3, S. 169—175.

Статья поступила 31 мая 1988 г.

SUMMARY

Changes in physical, physico-chemical, physico-mechanical, technological, biological and other properties of leached chernozems depending on the amount of humus in them were studied in greenhouse and field experiments. The effect of humus content in the soil on the yield of crops was studied too. It has been found that their yield depended more on the amount of readily solved organic substances than on total humus content.