

УДК 631.4:631.8

ББК 40.3

К 90

Кумахов В.И.

Доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрономии Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В.М. Кокова, Нальчик, e-mail: Kumakhov@yandex.ru

Шибзухов Н.Х.

Преподаватель кафедры механизации сельского хозяйства Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В.М. Кокова, Нальчик, тел. 89287141515

Езиев М.И.

Кандидат биологических наук, старший преподаватель кафедры агрономии Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В.М. Кокова, Нальчик, тел. 89054362199

Физико-химическая характеристика и многофакторная корреляционно-регрессионная взаимосвязь между гумусом и физической глиной в южных черноземах
(Рецензирована)

Аннотация. Приводятся распространение южных черноземов на Северном Кавказе, методы исследования, физико-химические свойства южных черноземов (содержание азота, фосфора, кальция, магния, натрия, pH, CaCO₃), групповой и фракционный состав гумуса, физические свойства южных черноземов, многофакторная корреляционно регрессивная взаимосвязь между гумусом и физической глиной в южных черноземах.

Ключевые слова: почва, гумус, фосфор, азот, катионы, черноземы, коэффициенты регрессии, гранулометрический состав, уравнения.

Kumakhov V.I.

Doctor of Agriculture, Professor of the Department of Agronomics, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, Nalchik, e-mail: Kumakhov@yandex.ru

Shibzukhov N.Kh.

Lecturer of the Department of Agrarian Mechanization, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, Nalchik, ph. 89287141515

Eziev M.I.

Candidate of Biology, Senior Lecturer of the Department of Agronomics, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, Nalchik, ph. 89054362199

Physical and chemical characteristics and multifactor correlative regressive interrelation between humus and physical clay in the southern black soils

Abstract. The paper discusses the distribution of the southern black soils in the North Caucasus, the methods of investigation, physical and chemical properties of the southern black soils (contents of nitrogen, phosphorus, calcium, magnesium, natrium, pH and CaCO₃), group and fractional composition of humus and physical properties of the southern black soils, multifactor correlative regressive interrelation between humus and physical clay is investigated in the southern black soils.

Keywords: soil, humus, phosphorus, nitrogen, kation, black soils, regressive coefficients, granular-metric composition, equation.

Введение

Южные черноземы занимают всю Доно-Донецкую равнину и более половины Донецкого кряжа. К югу от реки Дон южные черноземы такого сплошного распространения не имеют и встречаются только в западной части Доно-Сальского водораздела и Соло-Маньчской гряды. Общая площадь их 799,6 тыс. га [1].

Ниже южные черноземы расположены относительно неширокой полосой между обыкновенными черноземами и темно-каштановыми почвами, занимая восточные и северные отроги Ставропольского плато, а в Восточном Предкавказье они представлены в северо-восточной части Кабардино-Балкарии, примыкая непосредственно к отрогам

Терского хребта. В Ставропольском крае и Кабардино-Балкарии они занимают около 500 тыс. га. По почвенному покрову названные почвы Центрального и Восточного Предкавказья являются как бы переходными от черноземов к каштановым почвам [2-4].

Данные черноземы являются довольно своеобразными почвами, сочетая в себе характерные особенности двух почвенных типов. С одной стороны, под влиянием огромного массива сухих степей, почвообразовательные процессы имеют характерные особенности каштанового типа. С другой же стороны, под влиянием предгорных и горных биоклиматических условий, они приобретают черты черноземов.

Методы исследования

Анализы почв проводились в научно-исследовательской лаборатории Кабардино-Балкарского аграрного университета им. В.М. Кокова авторами статьи с 2002 по 2013 год. Разрезы были заложены в степной зоне КБР. Анализы почв проводились по следующим методам: гранулометрический состав по Н.А. Качинскому; минералогический состав илистой фракции (0,001 мм) термографически и рентгенографически; валовой химический состав почв – по К.К. Гедройцу с применением комплексометрии, фотометрии и фотоколориметрии; гумус – по Тюрину; азот общий – по Къельдалю; состав гумуса – по методике И.В. Тюрина в модификации В.В. Пономаревой; емкость поглощения по ЦИНАО; *pH* – водной и солевой суспензии – потенциометрически; поглощенный водород – по К.К. Гедройцу; кальций и магний по ЦИНАО; анализ водной вытяжки – по К.К. Гедройцу с применением комплексометрии и фотометрии; объемный вес – методом колец; калий и фосфор – по Мачигину; калий обменный – по Протасову в карбонатных и по Масловой в выщелоченных черноземах [4].

Результаты исследований и их обсуждение

В данной статье дается физико-химический состав южных черноземов Кабардино-Балкарии и корреляционно-регрессионная взаимосвязь между гумусом и физической глиной.

Южные черноземы характеризуются незначительным содержанием гумуса в горизонте А (3,5-4,0%) и постепенным распределением его по профилю почвы (табл. 1). Запасы его в горизонте А+В достигают 256 т/га.

Таблица 1

Химический состав и свойства южных черноземов*

Горизонт	Глубина взятия образца	Гумус по Тюрину, %	Азот по Къельдалю	C:N	P ₂ O ₅	Поглощенные катионы			pH водной суспензии	CaCO ₃	
						сумма поглощенных катионов, мг-экв на 100 г почвы	Ca	Mg			Na
Разрез 11. В 1,5 км западнее селения Алтуд и в 150 м южнее дороги Баксан											
Ап	0-20	3,68	0,21	9,1	0,18	29,1	87,4	11,7	1,0	7,2	3,7
А ₁	31-41	3,30	0,21	8,1	0,13	28,4	87,3	10,34	2,4	7,6	3,8
В ₁	45-50	2,50	0,19	7,4	0,12	28,5	86,4	8,5	5,1	7,6	8,2
В ₂	75-85	1,15	-	-	0,11	27,7	84,0	10,0	5,9	7,8	8,7
BC	85-95	0,95	-	-	-	27,4	81,9	13,7	4,4	7,6	8,8

Общее содержание азота составляет 0,21-0,24%. Отношение C:N колеблется в пределах 8,6-9,8, оно несколько уже, чем у карбонатных черноземов прилегающей территории. Содержание P₂O₅ в верхнем горизонте характеризуемых горизонтов составля-

* Таблицы 1-3 сформированы на основе данных наблюдений авторов

ет 0,14-0,18%.

Анализ группового и фракционного состава гумуса показывает, что углерод гуминовых кислот южных черноземов достигает до 50% от общего углерода (табл. 2). В их составе преобладают вторая и третья фракции.

С гуминовых кислот и С фульвокислот достигает 1,3. Углерод фульвокислот в верхних горизонтах составляет 34-37% от общего углерода органических веществ. В их составе преобладает вторая фракция (11,8-13,6%), входящая в состав полимерных комплексов со второй фракцией гуминовых кислот. Содержание третьей фракции – от 10,4 до 12,8%, а четвертой фракции, связанной с глиной и устойчивыми R_2O_3 , составляет 6,8%. Оптическая плотность гуминовых кислот – в пределах 14,0-16,38; фульвокислот – 1,05-2,01.

Таблица 2

Групповой и фракционный состав гумуса южных черноземов

Глубина взятия образца	Общий углерод	Гуминовые кислоты					Фульвокислоты					Сумма выделенных фракций	Нераствор. остаток	Отношение углерода	Оптическая плотность	
		фракции					фракции								гуминовые кислоты	фульво-кислоты
		1	2	3	сумма	1а	1	2	3	4	сумма					
Разрез 11. Чернозем южный																
0-20	1,83	2,1	28,6	18,9	49,6	2,7	1,9	13,6	12,8	6,7	37,7	87,3	12,6	1,3	16,38	1,87
20-30	1,65	1,3	19,0	14,9	35,2	1,7	1,4	10,2	16,2	7,8	37,3	72,5	27,5	0,94	16,80	2,01
40-50	1,24	1,7	23,5	16,5	41,7	2,3	2,8	14,1	18,7	13,4	41,3	83,0	17,0	1,00	14,30	1,78

Плотность почв изменяется с глубиной равномерно. Так, в горизонте А она равна $1,25 \text{ г/см}^3$, в горизонте В₁ – $1,320 \text{ г/см}^3$, в горизонте В₂ – $1,34 \text{ г/см}^3$. Разность в процентах от объема почвы 49-53, фактор структурности 84-88% (табл. 3).

Таблица 3

Физические свойства южных черноземов

Название почвы	Средняя глубина взятия образцов, см	Запасы гумуса, т/га	рН водной вытяжки	Плотность, г/см ³	Порозность от объема почвы, %	Структурный состав, в % от 0,25-10 мм просеивание		Фактор дисперсности, %	Фактор структурности, %	Степень агрегатности, %
						сухое	мокрое			
Черноземы южные среднеспособные слабогумусированные	0-27	80,9	7,7	1,11	58,4	63,3	41,6	21,1	78,9	8,6
	27-39	31,2	8,0	1,30	51,5	68,3	43,8	24,9	75,1	25,1
	39-50	19,3	8,0	1,25	53,7	70,0	37,9	29,8	70,2	31,5

Многофакторная корреляционно-регрессионная взаимосвязь между гумусом и физической глиной в южных черноземах

В настоящее время в почвоведении отсутствует целостное учение о полидисперсной системе почв (ПСП). Почва не рассматривается как структура, компоненты которой связаны друг с другом определенными закономерностями, взаимно переходят из одного дисперсного состояния в другое, а их отношения формализованы и предсказуемы.

Преобладает мнение, что гранулометрический состав почв мало изменяется во времени. Гранулометрические фракции почв искусственно разграничены и пребывают в статическом покое обособленно друг от друга. Исповедуется принцип «незыблемости» гранулометрического покоя. Показатели гранулометрического состава почв используются обычно лишь в прикладных целях для классификации почв по содержанию частиц менее 0,01 мм (физической глины). Меняющиеся соотношения в физической глине илистой (гидрофильной с размерами частиц менее 0,001 мм) и пылевой (гидрофобной с размерами частиц от 0,001 до 0,01 мм) фракций количественно не характеризуются.

Таким образом, между гранулометрическим составом почв, глубиной гумификации и фракционным составом гумуса выявляется строгая зависимость. Она предопределяется взаимосвязью между гранулометрическим составом, водно-воздушным и тепловым режимами и химическими свойствами почв, от которых в свою очередь зависит характер превращения биомассы и тип гумусообразования [5].

Корреляционная матрица в ходе проведенного статистического анализа взаимосвязи между гумусом и физической глиной в южных черноземах имеет вид:

	1	2	3	4	5
1	1,000	0,233	0,182	0,969	0,854
2	0,233	1,000	-0,125	0,111	-0,162
3	0,182	-0,125	1,000	0,264	0,299
4	0,969	0,111	0,264	1,000	0,937
5	0,854	-0,162	0,299	0,937	1,000

Свободный член уравнения регрессии = 0,7355.

Множественный коэф. корреляции = 0,9826.

Множественный коэф. детерминации = 0,9656.

Стандартная ошибка ур. регр. = 0,1991.

F-значение = 1017,0170.

Число степеней свободы для воспр. дисперсии = 4, для остат. дисперсии = 745.

Бета-коэффициенты:

0,0149; -0,0549; 1,3423; -0,3847.

Значения *t*-Стьюдента:

0,6142; -3,3909; 19,6688; -5,5915.

Коэффициенты отдельного определения:

0,0035; -0,0100; 1,3008; -0,3286.

Коэффициенты эластичности:

0,0315; -0,4301; 1,3502; -0,3795.

Коэффициенты регрессии, рассчитанные по модели, свидетельствуют, что: увеличение базового значения ила на 1% повышает уровень гумуса почв в целом на 0,0019%; увеличение насыщенности физической глины илом/пылью понижает результативный признак на 0,0131%; рост физической глины увеличивает уровень гумуса почв в целом на 1,145%; повышение насыщенности физической глины гумусом обуславливает снижение результативного признака на 0,1643% (табл. 4).

Таким образом, можно сделать предварительный вывод о том, что наибольшее влияние на снижение результативного признака оказывают степень насыщенности фи-

зической глины гумусом, а гумус физической глины наоборот повышает результативный признак.

$$Y_{X_1, X_2, X_3, X_4} = 0,7355 + 0,0019X_1 - 0,0131X_2 + 1,145X_3 - 0,1643X_4,$$

где Y_{X_1, X_2, X_3, X_4} – гумус почв в целом, %;

X_1 – базовое значение ила, %;

X_2 – насыщенность физической глины илом/пылью, %;

X_3 – гумус физической глины, %;

X_4 – насыщенность физической глины гумусом, %.

Таблица 4

Множественная регрессия и одномерные статистики

Значения переменных		Множественная регрессия		Одномерные статистики	
		коэфф. регр	станд. ош.	средние	станд. откл.
Зависимая		1,7187	1,0589
Независимая	1	0,0019	0,0031	28,1500	8,1828
	2	-0,0131	0,0039	56,4853	4,4447
	3	1,1450	0,0582	2,0267	1,2414
	4	-0,1643	0,0294	3,9693	2,4788

В результате обработки данных получено значение множественного коэффициента корреляции $R=0,9826$, которое характеризует наличие сильной положительной связи между факторными и результативным признаками. Множественный коэффициент детерминации $D=R^2=0,9656$ свидетельствует о том, что 96,56% вариации результативного признака обусловлено влиянием вышеназванных факторов, а остальные 3,44% – действием других неучтенных факторов.

Анализ динамики гумуса почв в целом «Черноземы южные»

Таблица 5

Результаты анализа динамики гумуса почв «Черноземы южные»

Номер наблюдения	Фактическое значение признака	Результаты расчета по уравнению				
		прямой	параболы 2-го порядка	показателя с осн. 10	логарифма (ln)	гиперболы
1	5,10	3,90	4,71	3,61	4,96	5,80
2	4,80	3,83	4,45	3,53	4,37	4,12
3	4,20	3,75	4,20	3,45	4,02	3,55
4	1,90	3,67	3,97	3,37	3,77	3,27
5	5,70	3,60	3,75	3,30	3,58	3,10
6	4,10	3,52	3,55	3,22	3,43	2,99
7	2,70	3,45	3,36	3,15	3,30	2,91
8	1,30	3,37	3,19	3,08	3,18	2,85
9	4,00	3,29	3,03	3,01	3,08	2,80
10	3,20	3,22	2,89	2,94	2,99	2,77
11	2,40	3,14	2,76	2,87	2,91	2,74
12	3,10	3,07	2,65	2,80	2,83	2,71
13	3,00	2,99	2,55	2,74	2,77	2,69
14	2,20	2,91	2,46	2,68	2,70	2,67
15	1,70	2,84	2,39	2,62	2,64	2,65
16	1,20	2,76	2,34	2,56	2,59	2,64
17	3,40	2,69	2,30	2,50	2,54	2,63

Продолжение таблицы 5

Номер наблюдения	Фактическое значение признака	Результаты расчета по уравнению				
		прямой	параболы 2-го порядка	показателя с осн. 10	логарифма (ln)	гиперболы
18	2,80	2,61	2,28	2,44	2,49	2,62
19	2,40	2,53	2,27	2,39	2,44	2,61
20	1,60	2,46	2,28	2,33	2,40	2,60
21	1,30	2,38	2,30	2,28	2,36	2,59
22	3,70	2,31	2,33	2,23	2,32	2,58
23	3,30	2,23	2,38	2,18	2,28	2,58
24	3,20	2,15	2,45	2,13	2,24	2,57
25	2,20	2,08	2,53	2,08	2,21	2,56
26	1,70	2,00	2,62	2,03	2,17	2,56
27	2,50	1,93	2,73	1,99	2,14	2,55
Характеристики результатов выравнивания						
Ср. квадр. откл. (ост.)	1,173	1,013	0,930	1,022	0,938	0,967
Коэфф. тренда						
a_0		3,979	4,986	0,568	4,957	2,428
a_1		-0,076	-0,284	-0,010	-0,854	3,375
a_2			0,007			
П р о г н о з						
1		1,85	2,86	1,94	2,11	2,55
2		1,77	3,00	1,90	2,08	2,54
3		1,70	3,15	1,85	2,05	2,54

Источники: Результаты получены Шибзуховым Н.Х. в 2013 году

Формы трендов:

1. Линейная: $Y = a_0 + a_1t$;

2. Параболическая: $Y = a_0 + a_1t + a_2t^2$;

3. Показательная с линейным показателем степени: $Y = 10^{(a_0+a_1t)}$;

4. Логарифмическая (ln): $Y = a_0 + a_1 \ln(t)$;

5. Гиперболическая: $Y = a_0 + a_1/t$.

Ряд 1

Среднее значение = 2,915.

Средний абсолютный прирост = -0,100.

Средний коэффициент роста = 0,974.

Исходя из эмпирических данных по «Чернозему южному», был проведен анализ динамического ряда на выявление тренда в исследуемой совокупности. Для нахождения основной тенденции ряда динамики использовали пакет прикладных программ статистического анализа на ЭВМ «Straz».

В результате обработки из нескольких использованных функций по критерию минимальности было выбрано уравнение параболы:

$$Y(t) = a_0 + a_1t + a_2t^2.$$

Проанализируем полученные параметры уравнения:

$a_0 = 4,986$ – выровненный начальный гумуса;

$a_1 = -0,286$ – среднее ежегодное снижение гумуса;

$a_2 = 0,007$ – параметр темпа роста (крутизна параболы).

Рассчитанные по модели характеристики свидетельствуют об адекватности выбранной функции, критерий Дарбина-Уотсона равен 2,924, т.е. больше 2, уравнение значимо с вероятностью 0,95.

Таким образом, полученное уравнение имеет вид:

$$Y(t) = 4,986 - 0,286t + 0,007t^2.$$

Также в результате обработки получены теоретические прогнозные значения гумуса на три последующих периода. Для наглядности проведенных расчетов представим на рисунке 1 график эмпирических и теоретических значений гумуса «Черноземы южные».

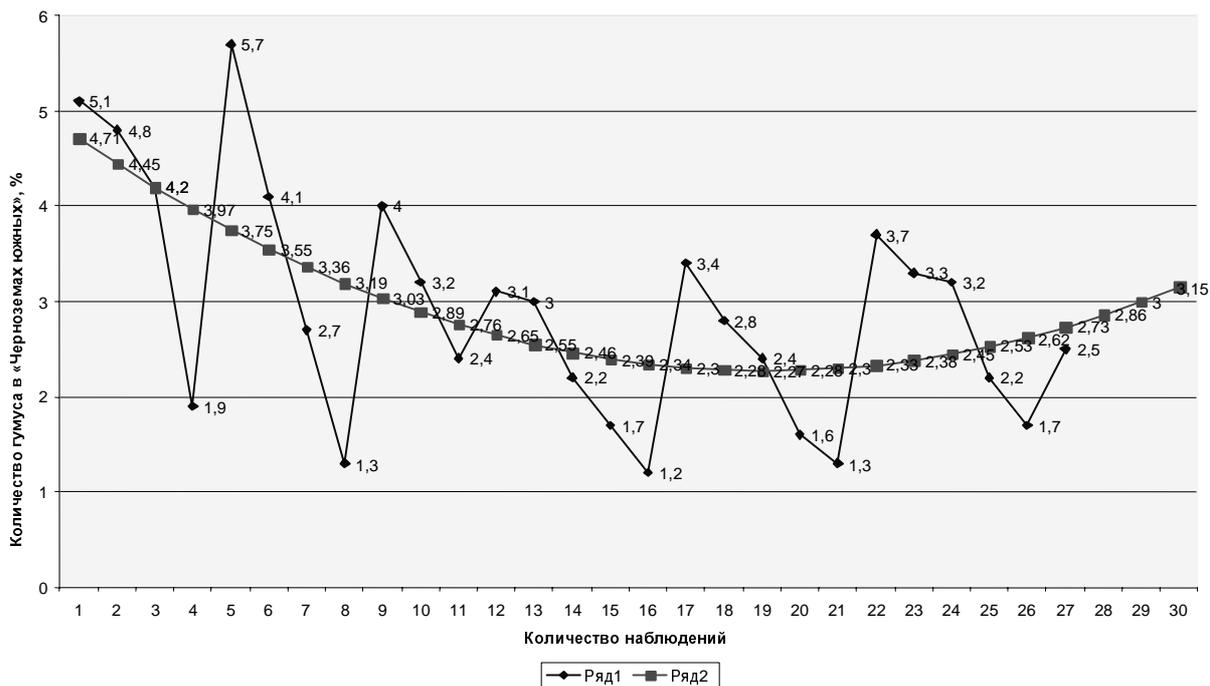


Рис. 1. Фактическое и выровненное значение гумуса почв в целом «Черноземы южные»

Исходя из установленной зависимости между глубиной гумификации и гранулометрическим составом почв, необходимо более строго подходить к использованию данных состава гумуса в качестве диагностического признака, ибо даже чернозем типичный с разным содержанием физической глины характеризуется типом гумуса от гуматно-фульватного до гуматного. Это исключает возможность сопоставлять между собой гумус подтипов черноземов при неодинаковом их гранулометрическом составе. С этой целью для каждого типа почв необходимо установить интервал показателей гумусного состояния с учетом гранулометрического состава [5].

Выводы

1. Данные черноземы являются довольно своеобразными почвами, сочетая в себе характерные особенности двух почвенных типов. С одной стороны, под влиянием огромного массива сухих степей почвообразовательные процессы имеют характерные особенности каштанового типа. С другой же стороны, под влиянием предгорных и горных биоклиматических условий они приобретают черты черноземов.

2. Можно сделать предварительный вывод о том, что наибольшее влияние на снижение результативного признака оказывает степень насыщенности физической глины гумусом, а гумус физической глины наоборот повышает результативный признак.

3. Рассчитанные по модели характеристики свидетельствуют об адекватности выбранной функции, критерий Дарбина-Уотсона равен 2,924, т.е. больше 2, уравнение значимо с достоверностью 0,95.

Примечания:

1. Безуглова О.С., Хырхырова М.М. Почвы Ростовской области. Ростов н/Д: Изд-во ЮФУ, 2008. 352 с.
2. Куприченков М.Т. Почвы Ставрополя. Ставрополь, 2005. 423 с.
3. Кумахов В.И. Почвы Центрального Кавказа. Нальчик, 2007. 125 с.
4. Ганжара Н.Ф., Борисов Б.А., Байбеков Р.Ф. Практикум по почвоведению. М.: Агроконсом, 2002. 280 с.
5. База данных состава и свойств почв / В.С. Крыщенко, О.М. Голозубов, В.В. Колесов, Т.В. Рыбьянец. Ростов н/Д, 2008. 145 с.
6. Ахтырцев Б.П., Яблонских Х.И. Зависимость состава гумуса от гранулометрического состава в почвах лесостепи // Почвоведение. 1966. № 7. С. 114-120.

References:

1. Bezuglova O.S., Khyrkhyrova M.M. Soils of the Rostov region. Rostov-on-Don: YuFU Publishing House, 2008. 352 pp.
2. Kuprichenkov M.T. Soils of Stavropol region. Stavropol, 2005. 423 pp.
3. Kumakhov V.I. Soils of the Central Caucasus. Nalchik, 2007. 125 pp.
4. Ganzhara N.F., Borisov B.A., Baybekov R.F. Practical work on soil science. M.: Agrokonsom, 2002. 280 pp.
5. The data base of composition and properties of soil / V.S. Kryshchenko, O.M. Golozubov, V.V. Kolesov, T.V. Rybyanets. Rostov-on-Don, 2008. 145 pp.
6. Akhtyrtev B.P., Yablonskikh Kh.I. The dependence of humus composition on granulometric composition of soil in forest-steppe zones // Soil Science. 1966. No. 7. P. 114-120.