

УДК 631.416.9:631.445.51:631.67

ИЗМЕНЕНИЕ ГУМУСОВОГО СОСТОЯНИЯ ТЕМНО-КАШТАНОВЫХ ПОЧВ ПРИ ОРОШЕНИИ СЛАБОМИНЕРАЛИЗОВАННОЙ ВОДОЙ

Н.П. ПАНОВ, В.Г. МАМОНТОВ, В.А. КОНЧИЦ

(Кафедра почвоведения)

Изучено влияние орошения слабоминерализованной водой со щелочной реакцией на органическое вещество темно-каштановых почв. Орошение такой водой приводит к засолению и осолонцеванию почвы. В рассматриваемых условиях снижается содержание общего гумуса и углеводов, возрастает подвижность органических веществ, в составе гумуса возрастает доля фульвокислот. Орошение слабо отразилось на молекулярно-массовом распределении гуминовых кислот, полученных при анализе состава гумуса. Данные спектроскопических исследований и термического анализа свидетельствуют о некотором изменении в структуре гуминовых кислот, связанном с увеличением доли алифатических компонентов в составе их молекул.

В степной и сухостепной зонах, где одним из главных лимитирующих факторов является дефицит влаги, в последние десятилетия стали широко применять ирригацию. К сожалению, проводилась она зачастую без должной оценки почвенно-мелиоративных условий и способствовала развитию в почвах ряда негативных явлений и процессов.

К настоящему времени многими исследователями показано, что орошение почв часто неблагоприятным образом отражается на их органическом веществе. Так, было установлено [3], что ежегодные потери гумуса из пахотного слоя черноземов Молдовы, орошаемых пресными водами, составляют 0,8 т/га. В черноземах и каштановых почвах юга Украины за 10-15 лет орошения пресными и низкоминерализованными водами содержание гумуса снизилось на 16-18 % к его исход-

ному уровню [2]. В орошаемых почвах изменяется соотношение гуминовых и фульвокислот преимущественно в сторону увеличения доли последних, возрастает подвижность гуминовых кислот, снижается содержание негидролизуемого остатка [5, 6, 8].

Особенно отчетливо негативная роль орошения проявляется в случаях, когда для полива используют минерализованные воды с высоким содержанием натрия и щелочной реакцией. Орошение такой водой может за сравнительно короткий период привести к заметной деградации орошаемых почв [5, 7].

Объектами наших исследований служили темно-каштановые почвы Новотроицкого района Херсонской области¹.

Образцы почвы и данные о химическом составе воды были предоставлены нам А. Т. Борькиным.

Образцы почв отбирали на орошаемом и неорошаемом участках в 40-кратной повторности по генетическим горизонтам. Орошение проводилось методом дождевания из артезианских скважин в течение 4 лет.

Химический состав поливной воды был следующим: сумма солей — 1,17 г/л; HCO_3^- — 5,12 мг · экв, SO_4^{2-} — 6,84;

Cl^- — 8,04; Ca^{++} — 2,12; Mg^{++} — 4,88; Na^+ — 13,0 мг · экв, pH — 8,5. Из приведенных данных следует, что поливная вода отличалась высоким содержанием натрия и щелочной реакцией. Это обусловило довольно быструю трансформацию свойств орошаемых почв в результате развития процессов засоления и осолонцевания (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Свойства темно-каштановых орошаемых и неорошаемых почв

Горизонт, глубина, см	pH	Сухой остаток, %	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	Емкость обмена, мг · экв/100 г
			% к емкости обмена			
Неорошаемые почвы						
A _{пах} 0-20	7,1	0,025	69,6	28,6	1,8	27,6
B ₁ 30-40	7,1	0,068	70,7	27,3	2,4	28,2
B ₂ 52-62	7,4	0,087	69,8	27,6	2,6	27,9
Орошаемые почвы						
A _{пах} 0-20	7,8	0,364	60,1	30,1	9,8	28,8
B ₁ 30-40	7,8	0,348	63,2	29,2	7,6	29,7
B ₂ 54-64	7,6	0,262	68,8	28,0	3,2	27,6

Под влиянием орошения содержание обменного натрия в верхней части профиля возросло в 3-5 раз, реакция среды увеличилась с 7,1 до 7,8, а содержание легкорастворимых солей — до 0,342-0,364 %. Засоление и осолонцевание наиболее интенсивны в пахотном и подпахотном горизонтах, что связано с непосредственным воздействием поливных вод.

Изменение химических и физико-химических свойств почв и качественно новый гидротермический режим негативно повлияли на состояние органического вещества (табл. 2).

Как видно из табл. 2, в верхних горизонтах орошаемых почв снизилось содержание гумуса; особенно это относится к пахотному слою, в котором обнаружено значительно меньше об-

Т а б л и ц а 2

Изменение органического вещества темно-каштановых почв при орошении

Горизонт, глубина, см	Общий гумус, %	Подвижный гумус, %	Водорастворимый гумус, %	Углеводы, %	Фенолы, мг/100 г
Неорошаемая почва					
A _{пах} 0-20	2,54	0,26	0,02	0,24	20,5
B ₁ 30-40	1,88	0,12	Сл.	0,16	5,4
B ₂ 52-62	1,15	0,03	Нет	-	-
Орошаемая почва					
A _{пах} 0-20	2,01	0,47	0,14	0,08	64,6
B ₁ 30-40	1,72	0,28	0,08	0,07	38,4
B ₂ 54-64	1,24	0,14	0,02	-	-

шего гумуса (разница по отношению к соответствующему слою неорошаемой почвы 0,53 %). При орошении в 2-3 раза уменьшилось содержание углеводов. Одна из возможных причин этого заключается в активизации деятельности микрофлоры, поскольку известно, что под влиянием орошения общее количество микроорганизмов может возрастать в 2-9 раз [1, 6]. При этом существенно повышается активность гидролитических ферментов (гидролиз и оксидоредуктаз), участвующих в превращениях органических веществ [4]. Активное функционирование микрофлоры продолжается все лето, тогда как на богаре — только в короткие промежутки весенне-летнего периода и частично — осеннего. В случае недостатка энергетического материала создаются предпосылки для минерализации гумусовых веществ. Кроме биологических факторов, действуют и химические, что повышает растворимость гумусовых веществ.

В результате осолонцевания и подщелачивания орошаемых почв содержание подвижного гумуса в пахотном слое увеличилось с 0,26 до 0,47 %, в нижележащих горизонтах его больше в 2-5 раз. В неорошаемых почвах водорастворимый гумус практически отсутствовал, тогда как в орошаемых его содержание в верхних горизонтах составляло 0,08-0,13 %, что, с одной сто-

роны, способствовало миграции органических веществ в нижние горизонты почвенного профиля, а с другой — создавало благоприятные предпосылки для минерализации их микрофлорой. Косвенным подтверждением последнего может служить содержание свободных фенолов в исследуемых почвах. В пахотном слое неорошаемых почв оно находилось на уровне 20 мг, в горизонте В₁ — около 5 мг на 100 г, при орошении минерализованными водами — соответственно 65 и 38 мг на 100 г. Этот факт может свидетельствовать о накоплении в орошаемых почвах продуктов деструкции органического вещества.

Заметную трансформацию претерпел состав гумуса исследуемых почв (табл. 3).

Пирофосфатная вытяжка извлекает из орошаемых почв на 3-4 % больше гумусовых веществ, чем из неорошаемых; на такую же величину снижается их негидролизуемый остаток. По содержанию гуминовых кислот (ГК) исследуемые почвы мало различались между собой, тогда как фульвокислот (ФК) в орошаемых почвах содержалось на 4-5 % больше. Это отражается на отношении $C_{ГК} : C_{ФК}$, которое в А_{пах} под влиянием орошения снижалось с 2,04 до 1,42, в горизонтах В₁ и В₂ — с 1,45-1,83 до 1,21-1,34.

Т а б л и ц а 3

Состав гумуса (% к С_{общ}) орошаемых и неорошаемых темно-каштановых почв

Горизонт, глубина, см	Общий гумус, %	0,1 н. НОН вытяжка				Пирофосфатная вытяжка				
		С _{выт}	С _{ГК}	С _{ФК}	$\frac{C_{ГК}}{C_{ФК}}$	С _{выт}	С _{ГК}	С _{ФК}	Негидр. остаток	$\frac{C_{ГК}}{C_{ФК}}$
Неорошаемые почвы										
А _{пах} 0-20	1,47	8,9	3,1	5,8	0,53	51,6	34,6	17,0	48,4	2,04
В ₁ 30-40	1,09	5,4	1,8	3,6	0,50	50,4	32,6	17,8	49,6	1,83
В ₂ 52-62	0,67	3,2	1,1	2,1	0,52	49,3	29,1	20,1	50,7	1,45
Орошаемые почвы										
А _{пах} 0-20	1,17	15,7	8,6	7,1	1,21	54,8	32,2	22,6	45,2	1,42
В ₁ 30-40	1,00	12,5	6,8	5,7	1,19	54,3	31,1	23,2	45,7	1,34
В ₂ 54-64	0,72	8,6	3,8	4,8	0,79	53,6	29,3	24,3	46,4	1,21

Еще более существенные изменения наблюдались при использовании для анализа щелочной вытяжки без предварительного декальцирования почвы. Под влиянием орошения в горизонте Алах содержание веществ, переходящих в эту вытяжку, увеличилось почти наполовину, в нижележащих горизонтах — в 2,3-2,7 раза. В составе гумусовых веществ заметно повысилось содержание ГК (разница по сравнению с неорошаемыми почвами составила 2,8-5,5 %). Содержание ФК также имело тенденцию к увеличению, но менее заметно. В связи с этим отношение $S_{ГК} : S_{ФК}$ в 0,1 н. НОН вытяжке из орошаемых почв составляло 0,79-1,21, тогда как в неорошаемых почвах не превышало 0,53.

Таким образом, увеличение содержания подвижных гумусовых веществ в орошаемых почвах происходит преимущественно за счет группы ГК, что в итоге ведет к обеднению пахотного горизонта наиболее ценным с агрономической точки зрения компонентом органического вещества.

ГК щелочной и пиррофосфатной вытяжек из горизонта $A_{лах}$ исследуемых почв изучены методом гель-хроматографии. Был использован сефадекс С-50, концентрация ГК составляла 5 мг/мл по углероду.

При гель-хроматографии ГК пиррофосфатной вытяжки из неорошаемых почв разделились на 3 фракции с молекулярными массами ≥ 50000 (относительное содержание 78 %), 32000 (13 %) и 5500 (9 %). Три фракции были получены и при фракционировании ГК орошаемых почв: с молекулярной массой ≥ 50000 (относительное содержание 58 %), 28000 (22 %) и 5000 (20 %). Таким образом, в темно-каштановых почвах основная часть ГК представлена фракциями с молекулярной массой от 28000 и выше. Вместе с тем под влиянием орошения водой неблагоприятного химического состава произош-

ло увеличение относительного содержания средне- и особенно низкомолекулярной фракции при одновременном уменьшении их молекулярных масс. Это может быть обусловлено разрывом связей в структурах с высокой молекулярной массой в условиях качественно иной гидротермической обстановки и подщелачивания среды.

ГК щелочной вытяжки также дали 3 фракции: с молекулярными массами ≥ 50000 , 25000 и 5000. Под влиянием орошения на 19 % возросло относительное содержание высокомолекулярной фракции, что скорее всего связано с изменением фракционного состава гумуса, когда ослабляется связь ГК с минеральными компонентами почвы и происходит замена обменного кальция натрием. В этих условиях какая-то часть высокомолекулярных ГК способна растворяться в щелочной вытяжке, что и отражается на молекулярной массе.

При орошении минерализованными водами происходят изменения и в структуре молекул ГК, о чем свидетельствуют данные спектроскопических исследований. Спектры поглощения ГК пиррофосфатной вытяжки в ультрафиолетовой и видимой областях представляют собой пологие кривые без максимумов поглощения в пределах всего участка спектра. Между тем у ГК неорошаемых почв более высокие значения оптической плотности и соответственно меньшее значение коэффициента цветности. У ГК неорошаемых почв коэффициент $Q_{4/6}$ был равен 2,85, при орошении он увеличился до 3,88.

В целом однотипны и инфракрасные спектры ГК орошаемых почв за исключением того, что в спектре ГК орошаемых почв появились полосы поглощения при 1120, 1360 и 2875 cm^{-1} , наличие которых связано с присутствием в молекулах ГК алифатических компонентов, имеющих в своем составе метильные и гидроксильные группировки. Их появление может быть обусловлено

включением в состав молекул ГК орошаемых почв структур алифатической природы, с другой стороны, возможно и частичное разрушение циклических компонентов, входящих в состав ГК.

Выявленные структурные изменения ГК при орошении водой неблагоприятного химического состава подтверждаются данными термического анализа (табл. 4).

Т а б л и ц а 4

Термографическая характеристика ГК

ДТА, максимальная температура, °С		ДТГ*
эндоэф- фектов	экзоэф- фектов	
Неорошаемая почва		
108	500, 570	285 456 560 685 20,4 21,2 34,6 16,7 7,1
Орошаемая почва		
110	510, 580, 725	298 270 450 480 558 720 20,0 24,2 28,2 5,3 12,2 10,1

*В числителе — максимальная температура эффекта. °С, в знаменателе — потеря массы, % к общей.

ГК неорошаемых почв характеризовались наличием 1 эффекта при 108°С и наличием 2 экзотермических эффектов при 500 и 570°С. Под влиянием орошения в высокотемпературной области появился экзотермический эффект при 725°С, выраженный в виде плеча.

В низкотемпературной области на ДТГ-кривых ГК отмечено 2 реакции термического разрушения. Первый эффект при 90-98°С обусловлен удалением адсорбционной воды и частичной деструкцией наименее термоустойчивых компонентов молекулы ГК. На последнее указывает довольно высокая потеря массы — 20%. Второй эффект связан с разрушением периферической части ГК при 280°С с потерей массы около 22% к общей.

В целом пиролиз ГК исследуемых почв в низкотемпературной области не имел принципиальных различий.

Ароматическое ядро ГК неорошаемых почв разрушалось в процессе 3 реакций с общей потерей массы 58,4%, причем основная его часть подвергалась термодеструкции при 456°С. Деструкция ядерной части ГК орошаемых почв была более растянутой и осуществлялась в ходе 4 реакций с общей потерей массы 55,8%, что говорит о наличии в составе ГК качественно новых с точки зрения термоустойчивости компонентов.

Количественная оценка соотношения периферической и ядерной частей в молекулах ГК исследуемых почв по отношению потери массы в низкотемпературной области к потере массы в высокотемпературной области (z) дала близкие результаты. В то же время некоторое увеличение значения z (с 0,36 до 0,43) у ГК орошаемых почв может, очевидно, свидетельствовать о наличии начавшейся перестройки молекул в сторону алифатизации.

Таким образом, изменение органической части темно-каштановых почв при орошении водой неблагоприятного химического состава заключается не только в снижении содержания гумуса, его фульватизации и увеличении подвижности ГК. Изменение свойств почв и новая гидротермическая обстановка дают начало процессам структурной перестройки молекул ГК, затрагивающих как ядерную, так и периферическую части молекул. Тенденция этих изменений направлена в сторону увеличения доли алифатических компонентов в составе ГК.

Алифатизацию ГК в данных условиях следует рассматривать как негативное явление, ведущее к дальнейшему снижению плодородия орошаемых почв, особенно при нерегулируемых нормах применения поливной воды.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Андреюк А.И., Иутинская Г.А., Дульгеров А.Н.* Почвенные микроорганизмы и интенсивное земледелие. Киев: 1988.— 2. *Гоголев И.Н., Баер Р.П.* Орошаемые черноземы и темно-каштановые почвы юга Украины и управление их водно-солевым режимом и плодородием.— В сб.: Успехи почвоведения. М.: Наука, 1986, с. 238-244.— 3. *Крупеников И.А., Подымов Б.П., Скрабина Э.Е.* Влияние орошения на свойства и плодородие почв. Обзор. информ., МолдНИИТИ, Кишинев, 1985.— 4. *Личко В.П., Степутина В.И.* Содержание органического вещества и ферментативная активность орошаемых почв.— Тез. докл. VII Всесоюз. съезда почво-

ведов. Т. 2. Ташкент, 1985, с. 161.— 5. *Мамонтов В.Г.* Особенности почвообразовательных процессов и плодородие черноземов и каштановых почв при орошении. М.: ВНИИТЭИагропром, 1990.— 6. *Пигульнова М.Ю., Григорьев Е.Е.* Особенности гумусного состояния орошаемых почв южных черноземов.— Почвоведение, 1983, № 1, с. 22-29.— 7. *Попова Т.В.* Влияние слабоминерализованных оросительных вод на гумусное состояние южного чернозема.— Автореф. канд дис., М., 1986.— 8. *Шевченко Г.А., Бирюкова Г.А.* Влияние орошения на содержание и состав гумуса обыкновенных черноземов.— В сб.: Мелиорация и рекультивация почв Центрального Черноземья. Воронеж, 1984, с. 28-34.

Статья поступила 7 сентября 1993 г.

SUMMARY

The effect of irrigation with poorly mineralized water with alkaline reaction on organic matter of dark-chestnut soils has been studied. Irrigation with such water results in salinization and solonetzification of the soil. Under such conditions total content of humus and carbohydrates decreases, the mobility of organic substances increases, and the portion of fulvic acids in humus gets higher. Irrigation had low effect on molecular-mass distribution of humic acids produced with the analysis of humus composition. The data of spectroscopic examination and thermal analysis show some changes in structure of humic acids, which is connected with higher portion of aliphatic components in their molecules.