

УДК 631.674.6:631.67.03:631.417.2

**Л. А. Воеводина** (ФГБНУ «РосНИИПМ»)

## **ВЛИЯНИЕ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ ВОДОЙ НЕБЛАГОПРИЯТНОГО ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА НА ГУМУСНОЕ СОСТОЯНИЕ ОБЫКНОВЕННЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ**

Целью работы являлось изучение влияния капельного орошения водой неблагоприятного химического состава на показатели гумусного состояния обыкновенных черноземов: содержание гумуса, содержание растворимых гумусовых веществ, гумина, типа гумуса, содержание гуминовых кислот, связанных с кальцием, и степени гумификации. Опыты проводились в пленочной теплице и на рядом расположенных целинных участках. При капельном поливе использовалась вода хлоридно-сульфатно-натриевого состава с минерализацией 3300 мг/дм<sup>3</sup> с электропроводностью 3,55 дСм/м. Основное влияние капельное орошение оказало на верхний слой почвы 0-20 см, где ухудшились показатели гумусного состояния: снизилось общее содержание гумуса в течение вегетационного периода на 1,1 %, степень гумификации была слабой и составила 18,9 % по сравнению с 25,1 % (средняя степень гумификации) на целинных участках, произошло снижение растворимых гумусовых веществ и увеличение содержания гумина. Так, доля растворимых гумусовых веществ при капельном орошении составила 34 %, на целинных участках – 63 %. Тип гумуса под влиянием капельного орошения практически не изменился и соответствовал данному типу почв. Как на орошаемых, так и на целинных участках тип гумуса – фульватно-гуматный и гуматный. Качество воды оказало влияние на содержание гуминовых кислот, связанных с кальцием. На орошаемых участках этот показатель в среднем был на 8,1 % ниже по сравнению с целинными участками. При использовании капельного орошения водой неблагоприятного состава необходимо предусмотреть мероприятия по повышению содержания органического вещества с одновременным повышением содержания кальция в почве.

Ключевые слова: чернозем, минерализованная оросительная вода, гумус, фульвокислоты, гуминовые кислоты, гумин, тип гумуса, кальций, степень гумификации.

**L. A. Voyevodina** (FSBSE “RSRILIP”)

## **IMPACT OF DRIP IRRIGATION BY MINERALIZED WATER ON THE HUMUS STATE OF ORDINARY CHERNOZEM**

The objective of the paper was to study the impact of drip irrigation by the water of unfavorable composition on the indices of humus state of ordinary chernozem: humus content, the content of soluble humus substances and humin, humic acids coupled with calcium, and humification level. The experiments were conducted at the high tunnels and virgin plots situated alongside. The irrigation water had the Cl-SO<sub>4</sub>-Na composition and its mineralization was 3300 mg/dm<sup>3</sup>, electrical conductivity was 3.55 dS/m. The main impact of drip irrigation was observed in the upper soil layer 0-20 cm where the indices of humus state were impaired. More specifically, the humus content decreased during the vegetation period by 1.1 %, the humification level was poor (18.9 %) against to medium (25.1 %) at virgin plots, the reduction of soluble humus substances and increasing of humin content was observed. So, the ratio of soluble humus substances under drip irrigation was 34 % and at the virgin plots – 63 %. Humus type didn't change under the influence of drip irrigation and complied with the type for given soil. Both at irrigated and virgin plots, the humus type was fulvic-humic or humic.

The water quality has an impact on the content of humic acids coupled with calcium. At irrigated plots this index was in average lower by 8.1 % compared to virgin plots. While using drip irrigation by the water of unfavorable composition the measures for simultaneous increasing the content of organic matter and calcium in soil have to be provided.

Keywords: chernozem, saline irrigation water, humus content, fulvic acids, humic acids, humin, humus type, calcium, humification level.

Одним из перспективных и интенсивно развивающихся способов орошения является капельное орошение. Так, за последние двадцать лет площади, занятые капельным орошением, расширились более чем в 6,5 раз и в настоящее время в мире составляют около 10,3 млн га [1]. В Российской Федерации доля капельного орошения составляет от 2 до 4 %, что соответствует площади 25-40 тыс. га [2-4]. Одной из причин, сдерживающих расширение площадей, занятых системами капельного орошения, является отсутствие информации о его влиянии на плодородие орошаемых почв.

Гумус – важнейший компонент органического вещества почв, являющийся универсальной системой, определяющей и регулирующей практически все факторы, влияющие на формирование профиля, биологическую продуктивность и рост плодородия почвы. Значение его трудно переоценить и оно особенно возрастает при интенсификации земледелия. Гумусное состояние почв является важнейшим показателем почвенного плодородия. Групповой и фракционный состав гумуса лежит в основе характеристики гумусного состояния целинных и пахотных почв.

В связи с уменьшением запасов оросительной воды хорошего качества расширяется использование минерализованных вод.

Целью нашего исследования было определение влияния капельного орошения минерализованной водой на гумусное состояние обыкновенных черноземов.

#### **Методика и материалы.**

Объектом исследования были почвы, согласно классификации 1977 года [5] принадлежащие к черноземам обыкновенным карбонатным

среднемошным малогумусным иловато-крупно-пылеватым тяжелосуглинистым.

Опыты по установлению влияния капельного орошения минерализованной водой на гумусное состояние черноземов обыкновенных проводились в 2009-2011 гг. в ст. Красюковская Ростовской области в пленочных теплицах на солнечном обогреве при выращивании томатов.

Отбор проб почвы проводился по методике РосНИИПМ в трех точках относительно расположения капельной линии: непосредственно под капельницей (зона О); в зоне максимального накопления солей (примерно 20 см от капельной линии – зона М) и в середине междурядья в точке, наиболее удаленной от капельной линии (зона Д). Отбор проб почвы для анализов был произведен осенью по окончанию поливного сезона и весной перед посадкой рассады на постоянное место. Также отбор проб был проведен на целинных участках. Глубина взятия проб – до 1,0 м. Слои: 0-20 см; 20-40 см; 40-60 см; 60-80 см; 80-100 см.

В годы исследований в период с ноября по март выпадало от 200 до 300 мм осадков.

Поливы проводились водой хлоридно-сульфатно-натриевого состава с минерализацией 3300 мг/дм<sup>3</sup>,  $EC_w$  – 3,55 дСм/м. Источник орошения – скважина. Пробы воды отбирались весной, летом и осенью. В таблице 1 показаны усредненные значения за 2009-2011 гг. [6]. Полив осуществлялся с использованием капельного орошения. Оросительная норма за период вегетации с апреля по октябрь составила около 1000 мм.

**Таблица 1 – Химический состав поливной воды на опытном участке в ст. Красюковская**

Единицы измерения	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup>
ммоль-экв./дм <sup>3</sup>	20,7	23,2	6,7	13,5	8,4	28,8
мг/дм <sup>3</sup>	736	1115	410	270	102	662
% от суммы ионов	20,5	22,9	6,6	13,3	8,3	28,4

Содержание гумуса определялось по ГОСТ 26213-91 [7]. Определение рН водной суспензии проводилось в соответствии с ГОСТ 26423-85 [8].

Состав гумуса определялся в пробах почвы, отобранных в осенний период на орошаемых (в зоне М) и целинных участках, ускоренным методом М. М. Кононовой и Н. П. Бельчиковой [9]. Данная методика в качестве ускоренной имеет то преимущество, что в ней не требуется проводить исчерпывающее декальцирование почв и полное извлечение каждой фракции гумусовых веществ. В схеме М. М. Кононовой и Н. П. Бельчиковой (1961 г.) предусмотрено определение углерода агрессивной фракции фульвокислот (ФК-1а) с помощью непосредственной обработки почвы 0,1 н. раствором  $H_2SO_4$ , гуминовых кислот ( $C_{ГК}$ ), связанных с Са (фракция ГК-2) и с  $R_2O_3$  (фракции ГК-1 и ГК-3), фульвокислот ( $C_{ФК}$ ) и гумина ( $C_{НО}$ ).

Для сравнительной оценки гумусного состояния почв использовалась система показателей, предложенная Д. С. Орловым и О. Н. Бирюковой [10]:

- содержание гумусовых веществ ( $C_{ГВ} = C_{ГК} + C_{ФК}$ ) как характеристика растворимости органического вещества;
- содержание гумина ( $C_{НО}$ ), рассматриваемого как запас органического вещества, потенциально доступного для трансформации;
- соотношение углерода гуминовых и фульвокислот ( $C_{ГК}/C_{ФК}$ ), определяющее тип гумуса и являющееся мерой глубины гумификации органического вещества;
- содержание гуминовых кислот, связанных с кальцием;
- отношение углерода гуминовых кислот к общему углероду ( $C_{ГК}/C_{общ}$ ) как показатель степени гумификации органического вещества.

### **Результаты и обсуждение.**

Содержание гумуса по классификации Орлова и Гришиной (1981 г.) [11] оценивалось в основном как среднее, в верхнем слое 0-20 см – повышенное, а в слое 80-100 см – низкое (таблица 2).

**Таблица 2 – Содержание гумуса (среднее значение за 2009-2011 гг.)**

Слой почвы, см	Содержание гумуса, % от почвы							
	Начало вегетации				Конец вегетации			
	О	М	Д	Целина	О	М	Д	Целина
0-20	6,8±1,1	6,8±0,7	6,6±0,3	6,1±1,1	6,2±0,8	5,4±1,0	5,3±0,6	7,6±1,0
20-40	4,6±1,1	4,9±1,0	3,7±0,9	4,8±0,3	5,3±0,9	4,2±1,2	4,1±1,2	5,2±0,3
40-60	4,4±0,8	5,3±0,3	2,7±0,9	4,2±0,5	4,4±0,5	4,2±0,2	4,2±1,1	4,8±0,5
60-80	4,4±0,6	5,2±0,2	4,4±0,4	3,3±0,8	4,2±0,4	3,9±0,2	4,4±0,2	4,4±0,4
80-100	3,6±0,4	3,7±0,2	3,8±0,2	3,2±0,4	4,0±0,2	3,9±0,2	3,9±0,2	3,8±0,4
Примечание: Приведены средние значение ± стандартные отклонения								

Содержание гумуса на целинных участках и в зонах О, М и Д оставалось примерно одинаковым. Разница между зонами О, М и Д была статистически несущественной. Однако, в верхнем слое 0-20 см к концу вегетации отмечена тенденция уменьшения содержания гумуса при капельном орошении в среднем на 1,1 % по сравнению с началом вегетации, на целине наблюдалось обратное явление. Полученные нами результаты согласуются с данными В. В. Пономаревой и Т. А. Плотниковой [9] и объясняются тем, что в теплицах в течение вегетационного периода поступление органического вещества крайне ограничено по сравнению с целинными участками, занятыми травянистой растительностью, за счет которой может происходить увеличение показателя общего содержания гумуса. Повышение в весенний период, вероятно, обусловлено разложением небольшого количества органических остатков в течение периода между сезонами выращивания тепличной культуры.

Далее на целинных участках и участках, орошаемых капельным орошением, был проанализирован фракционно-групповой состав гумуса (таблица 3).

В среднем по профилю почвы доля наиболее подвижных гумусовых кислот (ФК-1а) на орошаемых и целинных участках составляла 4,2-4,3 % от  $C_{\text{общ}}$ . По профилю почвы распределение их было равномерным. Наименьшие значения по содержанию ФК-1а при капельном орошении отме-

чены в слое 20-40 см – 3,6 % от  $C_{общ}$ , на целине в слое 40-60 см – 3,2 % от  $C_{общ}$ .

**Таблица 3 – Состав гумусовых веществ (среднее значение за 2009-2011 гг.)**

Слой почвы, см	pH (почва : вода – 1 : 2,5)	$C_{общ}$ , % от почвы	$C_{ГК}$	$C_{ФК}$	$C_{НО}$
<b>Капельное орошение</b>					
0-20	7,62	4,07	0,77*	0,61	2,69
			19**	15	66
20-40	7,97	3,58	0,84	0,50	2,24
			23	14	63
40-60	8,02	2,96	0,86	0,54	1,56
			29	18	53
60-80	7,85	2,31	0,80	0,35	1,24
			35	15	54
80-100	7,77	2,13	0,75	0,30	1,08
			35	14	51
<b>Целинные участки</b>					
0-20	7,93	4,43	1,11	1,68	1,64
			25	38	37
20-40	7,55	3,02	0,81	0,57	1,64
			27	19	54
40-60	7,67	2,8	0,60	0,28	1,92
			21	10	69
60-80	7,89	2,58	0,79	0,39	1,4
			31	15	54
80-100	8,20	2,19	0,71	0,47	1,01
			32	21	46
* – В верхней строке указано содержание гумусовых веществ в процентах от массы почвы.					
** – В нижней строке указано содержание гумусовых веществ в процентах от общего содержания углерода (% от $C_{общ}$ )					

Доля растворимых гумусовых веществ, представленных суммой гуминовых и фульвокислот, при капельном орошении составляла в верхнем слое 0-20 см 34 %, на целине – 63 %, что свидетельствует об обеднении почвы растворимыми гумусовыми веществами. Вероятно, такое обеднение обусловлено незначительным поступлением органического вещества, особенностями увлажнения почвы (наличием сухого верхнего слоя почвы в течение вегетации), а также накоплением карбонатов кальция, образующихся при поливах жесткой водой и снижающих растворимость гумусовых веществ. Ниже по профилю почв при капельном орошении наблюда-

лось повышение содержания растворимых гумусовых веществ, связанное с режимом увлажнения, при котором происходит вымывание питательных веществ в глубину [12].

На целине снижение содержания растворимых гумусовых веществ отмечалось до глубины 50 см, а ниже происходило увеличение их содержания, что также обусловлено режимом увлажнения в естественных условиях, когда влага атмосферных осадков способна проникать до этой глубины.

О запасе органического вещества, потенциально доступного для трансформации, судят по содержанию гумина. Наибольшее содержание гумина на целине отмечается в слое почвы 40-60 см, что совпадает с границей распространения влаги. На орошаемых участках наибольшие значения по содержанию гумина присущи верхнему слою почвы 0-20 см, в котором промачивание в силу особенностей распространения влаги при капельном способе орошения незначительно или отсутствует в течение вегетационного периода, когда от влаги атмосферных осадков почва изолирована полиэтиленовой пленкой.

Вероятно, особенности микроклимата верхнего слоя почвы при капельном орошении [12] вызывают глубокую дегидратацию компонентов твердых фаз почв, что повышает прочность связи гуминовых веществ с минеральными компонентами и снижает их растворимость. Это отражается на высоком содержании гумина. О таком явлении упоминает Д. С. Орлов при характеристике почв, сформированных в условиях континентальности и засушливости климата Нижнего Поволжья [11].

Тип гумуса оценивается по отношению  $C_{ГК} : C_{ФК}$ . Отношение гуминовых кислот к фульвокислотам на орошаемых участках до глубины 60 см составляло от 1,26 до 1,68, что соответствует фульватно-гуматному типу гумуса (таблица 4). Ниже по профилю почв отношение повышается, и тип гумуса характеризуется как гуматный. На целинных участках в верхнем слое 0-20 см тип гумуса – гуматно-фульватный, ниже – фульватно-

гуматный и гуматный. Вероятно, что преобладание фульвокислот в верхнем слое 0-20 см на целинных участках объясняется поступлением свежего органического вещества от травянистой растительности. Образовавшиеся фульвокислоты еще не прошли процесс конденсации для образования более сложных гуминовых кислот.

**Таблица 4 – Показатели гумусного состояния почв**

Слой почвы, см	Гуматно-фульватное отношение $C_{гк} : C_{фк}$	Тип гумуса	$C_{гк}$ , связанные с Са, % к сумме гуминовых кислот		Степень гумификации ОВ, $\frac{C_{гк}}{C_{общ}} \cdot 100\%$	
Капельное орошение						
0-20	1,26	ФГ	81,8	очень высокий	18,9	слабая
20-40	1,68	ФГ	82,1	очень высокий	23,5	средняя
40-60	1,59	ФГ	81,4	очень высокий	29,1	средняя
60-80	2,29	Г	82,5	очень высокий	34,6	высокая
80-100	2,50	Г	85,3	очень высокий	35,2	высокая
Целинные участки						
0-20	0,66	ГФ	73,0	высокий	25,1	средняя
20-40	1,42	ФГ	88,9	очень высокий	26,8	средняя
40-60	2,14	Г	86,7	очень высокий	21,4	средняя
60-80	2,03	Г	93,7	очень высокий	30,6	высокая
80-100	1,51	ФГ	94,4	очень высокий	32,4	высокая
Примечание: ФГ – фульфатно-гуматный, Г – гуматный, ГФ – гуматно-фульватный						

Содержание гуминовых кислот, связанных с кальцием, составляло от 73,0 до 94,4 % и оценивалось как очень высокое. Такое высокое содержание гуминовых кислот фракции ГК-2 характерно для черноземов, в которых фракции, связанные с  $R_2O_3$ , практически отсутствуют [11]. На целинных участках содержание гуминовых кислот, связанных с кальцием, в основном превосходило значения, полученные для орошаемого участка, за исключением самого верхнего слоя 0-20 см, где данный показатель снизился до 73,0 %, и содержание гуминовых кислот фракции ГК-2 оценивалось как высокое.

Полученные результаты указывают на изменения в почве, орошаемой водой неблагоприятного состава, выраженные в уменьшении содержания гуминовых кислот, связанных с кальцием. Хотя изменения еще и не



выражены достаточно сильно, но для профилактики и недопущения дальнейшего ухудшения качества почвы следует предусматривать мероприятия по повышению содержания кальция и органического вещества.

Степень гумификации оценивается как доля гумифицированного материала (точнее, гуминовых кислот) в составе органического вещества. Это очень важный показатель, указывающий, насколько полно органические остатки преобразуются в гуминовые вещества. Степень гумификации составляла от 18,9 % в верхнем слое 0-20 см до 35,2 % – в нижнем слое 80-100 см на орошаемом участке, от 25,1 до 32,4 % – на целинном участке соответственно. Наихудшие значения были получены для слоя 0-20 см при капельном орошении, где степень гумификации оценивалась как слабая. Степень гумификации равномерно повышалась от верхних к нижним слоям почвы, что может свидетельствовать о наиболее полном преобразовании органических остатков в гуминовые вещества в нижних слоях почвы.

#### **Выводы:**

- в течение вегетации на участках капельного орошения в верхнем слое 0-20 см происходило снижение содержания гумуса в среднем на 1,1 %, обусловленное отсутствием поступления достаточного количества органического вещества при выращивании томата в тепличных условиях. В то же время на целинном участке, занятом травянистой растительностью, наблюдалось увеличение содержания гумуса;

- на участках капельного орошения в верхнем слое 0-20 см в зоне М отмечено обеднение растворимыми гумусовыми веществами, представленными суммой гуминовых и фульвокислот, по сравнению с целинными участками. Так, доля растворимых гумусовых веществ при капельном орошении составила 34 %, на целинных участках – 63 %;

- особенности микроклимата верхнего слоя почвы при капельном орошении вызывают глубокую дегидратацию компонентов твердых фаз почв, что повышает прочность связи гуминовых веществ с минеральными

компонентами и снижает их растворимость. Это отражается на высоком содержании гумина (до 66 %);

- тип гумуса под влиянием капельного орошения практически не изменился и соответствовал данному типу почв. Как на орошаемых, так и на целинных участках тип гумуса – фульватно-гуматный и гуматный;

- содержание гуминовых кислот, связанных с кальцием (ГК-2), оценивалось как очень высокое, однако на участках капельного орошения отмечены более низкие значения, что указывает на изменения в почве, орошаемой водой неблагоприятного состава;

- степень гумификации в верхнем слое 0-20 см при капельном орошении имела наихудшие значения и оценивалась как слабая;

- верхний слой почвы при капельном орошении подвергается воздействию неблагоприятных факторов в наибольшей степени, что сказывается на ухудшении показателей гумусного состояния, выраженном в снижении общего содержания гумуса в течение вегетационного периода, слабой степени гумификации, снижении растворимых гумусовых веществ и увеличении содержания гумина. В нижерасположенных слоях отмечается уменьшение доли гуминовых кислот, связанных с кальцием, что обусловлено использованием поливной воды неблагоприятного состава;

- при использовании капельного орошения минерализованной водой необходимо предусмотреть мероприятия по повышению содержания органического вещества, так как в тепличных условиях скорость его минерализации повышена, одновременно следует повышать содержание кальция и, если это возможно, использовать приемы, улучшающие качество воды до приемлемого для выращиваемых культур.

#### **Список использованных источников**

1 Postel, S. Drip Irrigation Expanding Worldwide [Электронный ресурс] / S. Postel. – Режим доступа: <http://newswatch.nationalgeographic.com/2012/06/25/drip-irrigation-expanding-worldwide/>.

2 Капельное орошение [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.yug-poliv.ru/kapelnoe-oroshenie>.

3 Ольгаренко, Г. В. Развитие капельного орошения в Российской Федерации / Г. В. Ольгаренко // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Стан та перспективи застосування краплинного зрошення для інтенсифікації садівництва, виноградарства і овочівництва» 30 березня 2012 р. Київ. – Київ: ТОВ ДІА, 2012. – С. 10-11.

4 Воеводина, Л. А. Тенденции развития и перспективы применения капельного орошения / Л. А. Воеводина // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации: электрон. периодич. изд. / Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. – Электрон. журн. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2012. – № 3(07). – 13 с. – Режим доступа: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=113&id=119>.

5 Классификация и диагностика почв СССР. / Л. Л. Шишов [и др.]. – М.: Колос, 1977. – 224 с.

6 Воеводина, Л. А. Влияние капельного орошения на засоление почв [Электронный ресурс] / Л. А. Воеводина, Ю. Ф. Снопич, А. Н. Чекунов // Научный журнал КубГАУ: политематический сетевой электрон. журн. / Кубанский гос. аграрн. ун-т. – Электрон. журн. – Краснодар: КубГАУ, 2010. – № 64(10). – 20 с. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2010/10/pdf/20.pdf>.

7 ГОСТ 26213-91. Почвы. Методы определения органического вещества. – Введ. 1991-12-29. – М.: Изд-во стандартов, 1992. – 7 с.

8 ГОСТ 26423-85. Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, рН и плотного остатка водной вытяжки. – Введ. 1985-02-08. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 10 с.

9 Пономарева, В. В. Гумус и почвообразование / В. В. Пономарева, Т. А. Плотникова. – Л.: Наука, 1980. – 222 с.

10 Орлов, Д. С. Система показателей гумусного состояния почв /

Д. С. Орлов, О. Н. Бирюкова // Методы исследований органического вещества почв. – М.: Россельхозакадемия, ВНИПТИОУ, 2005. – С. 6-17.

11 Орлов, Д. С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации / Д. С. Орлов. – М.: Изд-во МГУ, 1990. – 325 с.

12 Воеводина, Л. А. Влияние переполивов при капельном орошении на мелиоративное состояние земель / Л. А. Воеводина // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. ст. ФГБНУ «РосНИИПМ» / под ред. В. Н. Щедрина. – Новочеркасск: Геликон, 2011. – Вып. 45. – С. 49-56.

---

**Воеводина Лидия Анатольевна** – кандидат сельскохозяйственных наук, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации» (ФГБНУ «РосНИИПМ»), старший научный сотрудник.  
Контактный телефон: 8 (8635) 266500.  
E-mail: vovteh@rambler.ru

**Voyevodina Lidiya Anatolyevna** – Candidate of Agricultural Sciences, Federal State Budget Scientific-Research Establishment “Russian Scientific-Research Institute of Land Improvement Problems” (FSBSE “RSRILIP”), Senior Researcher.  
Contact telephone number: 8 (8635) 266500.  
E-mail: vovteh@rambler.ru