

# ВЛИЯНИЕ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД И ИХ СМЕСИ С МИНЕРАЛЬНЫМИ УДОБРЕНИЯМИ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО КАРТОФЕЛЯ

А.Б. Бадмаев, Л.Л. Убугунов, С.Г. Дорошкевич,  
Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН

Важное условие сохранения экосистем в устойчивом состоянии — использование органических отходов в качестве сырьевого ресурса и уменьшения их негативного воздействия на окружающую среду. Один из путей решения этой проблемы — применение органических отходов в качестве нетрадиционных удобрений для поддержания почвенного плодородия и увеличения продуктивности почвы. Возврат переработанных отходов в сельскохозяйственные и городские земли — значимый элемент активного замыкания круговорота веществ [1, 2]\*. Одним из наиболее распространенных видов антропогенных отходов являются осадки сточных вод (ОСВ) общегородских и поселковых сетей канализации. Несмотря на то что нет однозначного мнения о применении ОСВ в народном хозяйстве, в зарубежных странах 35—40 % от общего количества образующихся осадков используют в качестве удобрения. Причем такой прием конечного размещения ОСВ, по мнению многих специалистов, является наиболее экологически приемлемым и экономически выгодным, при условии обеспечения полной безопасности людей, животных, растений и окружающей среды в целом [3, 4].

В ОСВ питательные вещества несбалансированны, поэтому дозы, которые рассчитывают по содержанию азота, могут привести к избытку или недостатку других элементов [5]. Учитывая низкую обеспеченность осадков сточных вод калием, актуальной задачей становится поиск оптимальных соотношений между основными элементами питания растений.

Цель наших исследований — выявление оптимальной дозы внесения ОСВ в почву, а также их оптимизация калийными удобрениями. Для этого в 2001—2003 гг. был заложен микрополевым опытом в пригородной зоне г. Улан-Удэ в пойме нижнего течения р. Брянки (крупный левый приток Уды). Почва опытного участка аллювиальная дерновая, характеризуется супесчаным гранулометрическим составом, слабощелочной реакцией среды, низким содержанием гумуса (1,37 % по Тюрину в модификации Никитина) и азота (3,2 мг/кг), очень низким — подвижного фосфора (8,7 мг/кг по Мачигину) и обменного калия (64 мг/кг). Площадь делянок — 2,8 м<sup>2</sup>, повторность — 4-кратная.

Культура — картофель сорта Волжанин. Осадки сточных вод вносили в дозах 7,5, 15 и 30 т/га в первый год исследований, а минеральные удобрения в виде мочевины, двойного суперфосфата и калия хлористого — ежегодно весной.

Опыт предусматривал изучение влияния ОСВ на плодородие и экологическое состояние аллювиальной дерновой почвы. Схема опыта была следующей: К — контроль (без удобрений); I — ОСВ1, 7,5 т/га; II — С1 (ОСВ, 7,5 т/га + N<sub>60</sub>P<sub>40</sub>); III — С1 + K<sub>60</sub>; IV — С1 + K<sub>120</sub>; V — ОСВ2, 15 т/га; VI — С2 (ОСВ, 15 т/га + N<sub>60</sub>P<sub>40</sub>); VII — С2 + K<sub>60</sub>; VIII — С2 + K<sub>120</sub>; IX — ОСВ3, 30 т/га; X — С3 (ОСВ, 30 т/га + N<sub>60</sub>P<sub>40</sub>); XI — С3 + K<sub>60</sub>; XII — С3 + K<sub>120</sub>.

ОСВ при внесении в почву стимулировали активное нарастание ботвы картофеля, увеличение биологической урожайности и выход товарной продукции. В среднем за 3 года вы-

**Таблица 1. Влияние ОСВ и минеральных удобрений на урожайность картофеля, ц/га**

Вариант	2001	2002	2003	Среднее за 3 года	Прибавка урожайности к контролю		Прибавка урожайности к фону	
					ц/га	%	ц/га	%
Контроль	181	81	143	135	—	100	—	—
I	245	91	141	159	24	118	—	—
II	267	118	157	181	46	134	—	100
III	283	137	158	193	58	143	12	107
IV	275	129	168	191	56	142	10	106
V	251	94	149	165	30	122	—	—
VI	264	109	150	174	39	129	—	100
VII	291	131	186	203	68	150	29	117
VIII	295	120	183	199	64	147	25	114
IX	238	107	158	168	33	124	—	—
X	259	105	160	175	40	130	—	100
XI	290	129	188	202	67	150	27	115
XII	294	115	186	198	63	147	23	113
HCP <sub>0,05</sub> , ц/га	9	5	10	10,9				
Sx%	3,4	1,6	2,1	2,1				

**Таблица 2. Влияние ОСВ и минеральных удобрений на химический состав картофеля (среднее за 3 года)\***

Вариант	Сырая зола, %	N <sub>общ</sub> **	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> **	K <sub>2</sub> O**	Ca**	Mg**
Контроль	3,43/16,60	0,95/1,58	0,68/0,75	0,95/0,73	0,064/1,60	0,047/0,83
I	3,68/19,89	1,11/1,84	0,79/0,89	1,05/0,90	0,075/2,56	0,049/1,29
II	3,37/18,97	1,14/2,35	0,71/0,91	1,08/0,98	0,084/2,72	0,051/1,46
III	3,57/21,05	1,14/2,40	0,70/0,95	1,24/1,18	0,083/2,97	0,052/1,48
IV	4,15/20,64	1,10/2,45	0,74/0,96	1,31/1,59	0,085/2,85	0,051/1,49
V	3,52/19,87	1,07/2,07	0,68/0,90	1,06/1,15	0,088/2,65	0,052/1,50
VI	3,91/19,47	1,07/2,23	0,74/1,18	1,16/1,36	0,095/3,22	0,052/1,53
VII	4,20/22,07	1,12/2,32	0,76/1,14	1,25/1,66	0,095/3,60	0,054/1,52
VIII	4,23/21,34	1,10/2,52	0,70/1,10	1,26/1,71	0,098/3,60	0,054/1,58
IX	3,95/18,53	1,18/2,26	0,77/1,04	0,98/1,03	0,091/3,04	0,056/1,56
X	3,57/19,41	1,16/2,41	0,83/1,01	1,07/1,10	0,098/3,31	0,059/1,58
XI	3,84/21,80	1,24/2,50	0,81/1,14	1,20/1,21	0,105/3,63	0,061/1,61
XII	4,10/21,43	1,28/2,62	0,81/1,11	1,24/1,51	0,109/3,73	0,065/1,62

\* - В числителе — клубни, в знаменателе — ботва;

\*\* - в % на сухую массу

\* - Со списком литературы можно ознакомиться на сайте [www.agroxxi.ru](http://www.agroxxi.ru)

ход товарных клубней составил в контрольном варианте 135,2 ц/га. Внесение ОСВ в дозе 7,5 т/га, как в чистом виде, так и в смеси с минеральными удобрениями, оказалось эффективным лишь в год внесения. Использование ОСВ в дозах 15 и 30 т/га было эффективным в течение всего цикла наблюдений. Максимальный выход товарных клубней получен в вариантах с комплексным внесением ОСВ, азотно-фосфорного удобрения и калия. Наиболее эффективными по влиянию на урожайность были варианты III и VII (табл. 1).

ОСВ, внесенные в почву, как в чистом виде, так и в смеси с минеральными удобрениями, положительно влияли и на качество продукции. В клубнях и ботве картофеля увеличивалось количество сырого протеина, фосфора и калия (табл. 2). Вместе с тем их применение способствовало незначительному снижению содержания крахмала в клубнях, что в целом является закономерным явлением (табл. 3). Тем не менее, учитывая повышение урожайности картофеля при использовании ОСВ в качестве удобрения, вынос сухого вещества, крахмала и сырого протеина с единицы площади при их использовании был значительно выше (табл. 4).

Наличие в сельскохозяйственной продукции свободных нитратов является, как известно, определяющей качественной характеристикой, с санитарно-гигиенической точки зрения. В целом количество нитратов в клубнях картофеля с внесением всех удобрений, в т.ч. и ОСВ, несколько повышалось по годам исследований по сравнению с контролем, но при этом уровень содержания NO<sub>3</sub> в клубнях был заметно ниже ПДК, разработанных для нитратов.

В связи с тем что в опыте испытывали удобрения на основе ОСВ, в ботве и клубнях картофеля определяли содержание тяжелых металлов (ТМ). Полученные результаты свидетельствовали, что их накопление в товарной продукции было ниже МДУ (табл. 5).

Таким образом, внесение осадков городских сточных вод в почву способствует повышению урожайности картофеля, накоплению сырого протеина, фосфора и калия.

Одновременно происходит некоторое снижение содержания сухого вещества и крахмала в клубнях, но внесение калийных удобрений способствует увеличению данных показателей по отношению к вариантам с внесением осадков сточных вод в чистом виде и в смеси с азотно-фосфорным удобрением. На основании полученных данных считаем возможным рекомендовать к практическому применению смеси доз осадков сточных вод в чистом виде или в смеси с минеральными удобрениями: осадки сточных вод — 7,5 т/га в расчете на 2 года; осадки сточных вод — 15 т/га в расчете на 3 года; осадки сточных вод — 7,5 т/га в расчете на 2 года + N<sub>60</sub>P<sub>40</sub>K<sub>60</sub>; осадки сточных вод — 15 т/га в расчете на 3 года + N<sub>60</sub>P<sub>40</sub>K<sub>60</sub>. 

**Таблица 3. Влияние ОСВ и минеральных удобрений на биохимический состав клубней картофеля (в среднем за 3 года)**

Вариант	Сухое вещество, %	Крахмал*	Сырой протеин*
Контроль	26,5	17,4	1,58
I	25,4	16,1	1,76
II	25,0	16,1	1,78
III	24,8	16,9	1,79
IV	25,6	17,0	1,77
V	24,8	15,9	1,65
VI	24,8	15,9	1,65
VII	24,8	16,5	1,76
VIII	24,7	16,7	1,72
IX	24,8	15,1	1,83
X	24,3	14,8	1,76
XI	23,7	15,5	1,83
XII	23,8	15,3	1,89

\* - В % на сырое вещество

**Таблица 4. Влияние ОСВ и минеральных удобрений на выход сухого вещества, крахмала и сырого протеина (в среднем за 3 года), ц/га**

Вариант	Сухое вещество	Крахмал	Сырой протеин	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Контроль	35,8	23,5	2,1	0,24	0,34
I	40,5	25,6	2,8	0,32	0,42
II	45,2	29,1	3,2	0,32	0,49
III	49,8	33,9	3,6	0,35	0,62
IV	51,6	34,3	3,6	0,38	0,68
V	40,8	26,2	2,7	0,28	0,43
VI	43,3	27,7	2,9	0,32	0,50
VII	50,3	33,4	3,6	0,38	0,63
VIII	49,2	33,3	3,4	0,34	0,62
IX	41,6	25,3	3,1	0,32	0,41
X	42,5	25,9	3,1	0,35	0,45
XI	47,9	31,4	3,7	0,39	0,58
XII	47,2	30,4	3,7	0,38	0,58

**Таблица 5. Влияние ОСВ и минеральных удобрений на содержание микроэлементов и тяжелых металлов в растениях картофеля (в среднем за 3 года), Кс\***

Вариант	Mn	Zn	Cu	Co	Cr	Ni	Pb	Cd
Контроль	1,09/12,24	2,38/1,92	2,13/1,21	0,02/0,09	0,10/0,31	0,30/0,79	0,08/0,07	0,0017/0,04
I	1,44/13,94	2,70/2,18	2,07/0,94	0,02/1,11	0,12/0,38	0,31/1,09	0,08/0,09	0,0017/0,03
II	1,05/14,34	2,69/2,24	1,70/0,85	0,02/0,09	0,11/0,29	0,36/1,26	0,09/0,10	0,0006/0,03
III	1,29/14,59	3,00/2,46	1,56/0,79	0,02/0,10	0,14/0,41	0,40/1,34	0,10/0,12	0,0006/0,03
IV	1,51/15,53	3,03/2,56	1,46/0,82	0,02/0,12	0,17/0,45	0,41/1,40	0,10/0,13	0,0006/0,03
V	1,66/16,36	3,17/2,65	1,77/0,88	0,02/0,12	0,14/0,54	0,43/1,45	0,14/0,15	0,0007/0,06
VI	0,92/16,42	3,17/2,74	1,60/0,76	0,02/0,13	0,12/0,53	0,45/1,58	0,15/0,20	0,0009/0,05
VII	1,28/16,94	3,37/2,82	1,32/0,75	0,02/0,14	0,20/0,61	0,49/1,69	0,17/0,20	0,001/0,07
VIII	1,46/18,01	3,40/2,90	1,38/0,78	0,03/0,16	0,28/0,65	0,49/1,71	0,17/0,22	0,0015/0,07
IX	1,57/17,75	3,51/3,03	1,72/0,87	0,03/0,16	0,17/0,69	0,54/1,63	0,22/0,29	0,005/0,07
X	1,11/17,84	3,73/3,30	1,42/0,82	0,03/0,17	0,18/0,64	0,57/1,68	0,21/0,40	0,0059/0,08
XI	1,15/18,61	3,98/3,69	1,14/0,77	0,03/0,18	0,20/0,79	0,64/1,94	0,25/0,42	0,0066/0,09
XII	1,25/20,31	4,15/3,94	0,92/0,77	0,04/0,20	0,25/0,83	0,79/2,11	0,26/0,47	0,0082/0,12
МДУ в продольном сырье	—	100,0	5,0	—	2,0	—	0,5	0,03
МДУ в кормах для сельскохозяйственных животных	—	100,0	30,0	2,0	2,0	3,0	5,0	0,3

\* - В числителе — клубни, в знаменателе — ботва

## Литература

1. Мерзлая Г.Е., Афанасьев Р.А. Агроэкологическая эффективность осадков сточных вод г. Москвы // Агрохимический вестник. — 2001. — № 5. — С. 25—30.
2. Дорошкевич С.Г., Убугунов Л.Л. Влияние органо-минеральных удобрительных смесей на основе осадков сточных вод и цеолитов на агрохимические свойства аллювиальной дерновой почвы // Агрохимия. — 2002. — № 4. — С. 5—10.
3. Гюнтер Л.И., Беляева С.Д. К проблеме утилизации ОСВ в качестве удобрения // Известия жилищно-коммунальной академии городского хозяйства и экологии. — 1997. — №2. — С. 38—48.
4. Касатиков В.А., Касатикова С.М., Султанов М.М., Усенко В.И., Шабардина Н.Н. Поведение тяжелых металлов в системе почва — растение при внесении осадков городских сточных вод // Агрохимия. — 1999. — №3. — С. 56—60.
5. Criteria and recommendation for land application of sludges in the North-east / Pennsylvania State University. Bull. — 1985. — №851. — P. 94.