ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 631.67:633.15:631.8.022.3

БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ СТОЧНЫХ ВОД ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ КУКУРУЗЫ

АГЕЕНКО Оксана Михайловна, Волгоградский государственный аграрный университет
СЕМЕНЕНКО Сергей Яковлевич, ПНИИЭМТ – филиал ФНЦ агроэкологии РАН

В процессе исследований изучены и проанализированы результаты по определению влияния технологий полива и использования животноводческих сточных вод на биоэнергетическую эффективность выращивания кукурузы на зеленую массу при поливе дождеванием. Приведены фактические значения оросительных норм по вариантам опыта, объем поступления в почву органического вещества с животноводческими сточными водами, их взаимосвязь, влияние на урожайность и потери энергии с поверхностным стоком.

В настоящее время проблема утилизации отходов сельскохозяйственного производства, в том числе сточных вод животноводческих комплексов в России стоит очень остро, поскольку аграрный сектор занимает значительное место в экономике страны [2, 3, 6].

Сточные воды животноводческих комплексов при неправильном их использовании могут быть источником загрязнения поверхностных и подземных водоисточников. В то же время они обладают высокой удобрительной ценностью. Поэтому наиболее эффективным способом утилизации животноводческих стоков является применение их на орошение сельскохозяйственных культур [3, 6].

В последнее время в мире при нестабильности ценообразования, инфляции и неустойчивости валюты, экономические критерии оценки в денежном эквиваленте не дают истинного представления об экономической эффективности той или иной технологии возделывания культур. Поэтому в 70-х гг. XX в. в мировой сельскохозяйственной практике начали применять энергетический анализ, который стал важнейшим и незаменимым критерием оценки эффективности новых технологий, их энерго- и ресурсоемкости, экологической безопасности. Такой подход особенно востребован в орошаемом земледелии, где ин-

тенсивное использование средств мелиорации, механизации и химизации оказывает отрицательное влияние на почву, вызывая ирригационную эрозию, потери гумуса, смыв питательных элементов и, в связи с этим, резкое увеличение непроизводительных затрат энергетических ресурсов.

Задача проведенных исследований, результаты которых представлены в настоящей работе, заключалась в оценке биоэнергетической эффективности технологий орошения животноводческими сточными водами при выращивании кукурузы на зеленую массу.

Затраты энергии на основные и оборотные средства при выращивании кукурузы на зеленую массу определяли, используя технологические карты, типовые нормы выработки, учитывая затраты на производство поливов, расход ГСМ, электроэнергию и энергетических эквивалентов эксплуатации мелиоративной и сельскохозяйственной техники, семян, гербицидов, минеральных и органических удобрений, а также трудовых ресурсов.

Энергоемкость транспорта воды от водоисточника к дождевальной технике в структуру общих затрат мы не включали по двум причинам: затраты энергии на транспорт воды изначально зависят от стоимости подачи воды в водоисточник, условий водозабора и вида источника.

В Волгоградской области, согласно Целевой программе развития агропромышленного комплекса, предусмотрена компенсация части затрат на электроэнергию, использованную для орошения сельскохозяйственных культур юридическими лицами любой организационно-правовой формы и индивидуальными предпринимателями, являющимися сельхозтоваропроизводителями [4, 5].

Исследования проводили на каштановых почвах разного гранулометрического состава в междуречье рек Дон, Иловля и Волга на донской гряде в южной части Приволжской возвышенности на территории ОАО «Краснодонское» Иловлинского района Волгоградской области. Питательными элементами в доступной для растений форме

каштановые почвы высоко обеспечены обменным калием, фосфором и слабо обеспечены азотом [1].

В период с 2011 по 2013 г. были исследованы 7 вариантов по определению эффективного сочетания технологий внесения животноводческих стоков с поливной водой (табл. 1).

Расчетная поливная норма для активного слоя почвы 0,8 м и предполивного порога влажности не ниже 80 % НВ составляет 400 м³/га. Для полива применяли дождевальную машину BAUER E41 тип 140, адаптированную к поливу животноводческими сточными водами.

Специфической особенностью дождевания ЖСВ является наличие большого количества взвешенных веществ, которые при выпа-

Таблица 1

Схема опыта

Вариант опыта	Обозначение опыта
Полив природной водой	A_0B_1
Полив осветленными животноводческими сточными водами (ЖСВ) с разбавлением природной водой в соотношении 1:4	A_1B_1
Полив осветленными животноводческими сточными водами с разбавлением природной водой в соотношении 1:3	A_2B_1
Чередование двух поливов осветленными животноводческими сточными водами с разбавлением природной водой в соотношении 1:4 с одним поливом природной водой	A_1B_2
Чередование одного полива осветленными животноводческими сточными водами с разбавлением природной водой в соотношении 1:4 с одним поливом природной водой	A_1B_3
Чередование двух поливов осветленными животноводческими сточными водами с разбавлением природной водой в соотношении 1:3 с одним поливом природной водой	A_2B_2
Чередование одного полива осветленными животноводческими сточными водами с разбавлением природной водой в соотношении 1:3 с одним поливом природной водой	A_2B_3
А – степень разбавления животноводческих стоков природной водой m_c В – режим чередования поливов сточной и природной оросительной водой m_n

Зависимость потерь поливной воды от технологии орошения

Вариант опыта	Год исследования						Среднее	
	2011		2012		2013			
	Потери на поверхностный сток							
	м³/га	%	м³/га	%	м³/га	%	м³/га	%
1	$\frac{2800}{0,00}$	0,00	$\frac{3200}{0,00}$	0,00	$\frac{2400}{0,00}$	0,00	$\frac{2800,00}{0,00}$	0,00
2	$\frac{3200}{347,20}$	10,85	$\frac{3600}{403,20}$	11,20	$\frac{2800}{306,88}$	10,96	$\frac{3200,00}{352,43}$	11,00
3	$\frac{4000}{636,80}$	15,92	$\frac{4400}{704,44}$	16,01	$\frac{3600}{572,40}$	15,90	$\frac{4000,00}{637,88}$	15,94
4	$\frac{3200}{57,28}$	1,79	$\frac{3600}{70,92}$	1,97	$\frac{2400}{40,32}$	1,68	$\frac{3066,60}{56,17}$	1,81
5	$\frac{2800}{0,00}$	0,00	$\frac{3200}{0,00}$	0,00	$\frac{2400}{0,00}$	0,00	$\frac{2800,03}{0,00}$	0,00
6	$\frac{3600}{240,84}$	6,69	$\frac{4000}{280,40}$	7,01	$\frac{3200}{206,40}$	6,45	$\frac{3600,33}{242,55}$	6,72
7	$\frac{3200}{112,00}$	3,50	$\frac{3600}{154,80}$	4,30	$\frac{2800}{108,92}$	3,89	$\frac{3200,03}{125,24}$	3,90

дении на поверхность почвы кальматируют почвенные поры, уменьшают интенсивность просачивания воды в почву, вызывая тем самым образование поверхностного стока. Данные наших исследований доказали зависимость объема стока технологий орошения и увеличение объема поверхностного стока от объема внесенных стоков (табл. 2).

Данные табл. 2 указывают, что технологии 1 и 5 обеспечили отсутствие потерь оросительной воды, что подтверждает правильность величины расчетной поливной нормы, даже учитывая наименьшую устойчивость пропашных культур к поверхностному стоку.

Сравнивая одинаковые технологии по степени разбавления, но с различным чередованием полива природной водой, отмечаем, что чем больше объем внесения стоков, тем выше объем потерь воды на поверхностный сток, который может достигать до 15,94 % от значения оросительных норм.

В результате проведения монополивов с разбавлением 1:3 и 1:4 происходит значительное уплотнение почвы, которое обеспечивает наивысшие показания поверхностного стока со значениями 15,94 и 11,00 % соответственно.

При использовании технологий 6 и 7 со степенью разбавления 1:3, но с применением одного полива с природной водой поверхностный сток составляет соответственно 6,72 и 3,90 %. Это обусловлено промыванием природной водой почвенных пор, увеличением скорости впитывания и объема влагоемкости почвы с образованием меньшего поверхностного стока, чем на технологиях 2 и 3.

При орошении стоками со степенью разбавления 1:4 и применением одного полива с природной водой наименьший поверхностный сток получен при использовании технологии 4 – 1,81 %.

Валовая энергия поступления NPK, МДж (среднее за 3 года)

Вариант опыта		1	2	3	4	5	6	7
2011	N	1251,01	3719,19	6438,35	3003,69	2395,70	4247,21	3397,23
	P2O5	79,40	235,89	408,26	190,53	151,96	269,35	215,47
	K2O	99,00	294,12	509,06	237,55	189,47	335,85	268,69
2012	N	893,71	4040,85	6840,88	3003,69	2252,84	4917,79	3621,25
	P2O5	56,72	256,30	433,78	190,53	142,91	311,87	229,68
	K2O	70,72	294,15	371,21	212,08	152,69	346,44	201,52
2013	N	1429,81	3254,07	5767,47	2360,06	2073,74	4381,39	3084,55
	P2O5	90,77	206,42	365,75	149,70	131,60	277,82	195,63
	K2O	113,15	257,37	371,21	212,08	188,38	346,44	201,52
среднее	N	1191,51	3671,37	6348,90	2789,15	2240,76	4515,46	3367,68
	P2O5	75,63	232,87	402,60	176,92	142,16	286,35	213,59
	K2O	94,29	281,88	417,16	220,57	176,85	342,91	223,91

Таблица 4

Энергетическая эффективность выращивания кукурузы на зеленую массу, ГДж/га (среднее за 3 года)

Вариант опыта	Затраты совокупной энергии	Содержание энергии в урожае	Приращение энергии	$K_{э.э}$
1	735,95	758,03	22,08	1,03
2	841,92	1069,24	227,32	1,27
3	953,45	1096,47	143,02	1,15
4	700,30	1043,44	343,14	1,49
5	750,93	1013,75	262,82	1,35
6	613,64	1147,51	533,87	1,87
7	657,82	1124,88	467,06	1,71

Различный объем внесенных стоков обуславливает и различный объем внесенных элементов почвенного плодородия. Поверхностный сток, зависящий от технологии оросительно-удобрительных поливов, выносит из почвы большое количество питательных элементов, на внесение которых затрачено определенное количество энергии (табл. 3).

Основной показатель эффективности технологий – коэффициент энергетической эффективности ($K_{э.э}$) – позволяет установить,

во сколько раз накопленная в отчуждаемой биомассе культуры энергия больше совокупной, затраченной в технологическом процессе ее возделывания. С энергетической точки зрения технология считается эффективной, если при полученной урожайности обеспечивается условие $Q_{вал} > Q_{сов}$, то есть $K_{э.э} > 1,0$.

Анализ энергетической эффективности изучаемых технологий при выращивании кукурузы на зеленую массу представлен в табл. 4.

Анализируя данные табл. 4 и давая биоэнергетическую оценку эффективности технологий орошения по соотношению накопленной энергии в биомассе и затрат совокупной энергии, установлено, что затраты совокупной энергии выращивания кукурузы на зеленую массу окупались полностью выходом валовой энергии на всех вариантах, но эффективность их была различной.

Минимальный коэффициент энергетической эффективности $K_{э.э}$ – 1,03 был получен на технологии полива природной водой.

Несколько выше результаты получены при использовании технологий 3 (1,15), 2 (1,27), 4 (1,49), 5 (1,35).

Наивысшие значения получены на технологиях с одинаковой степенью разбавления 1:3, но разным чередованием полива. Технологии 6 и 7 являются энерго- и ресурсосберегающими, поскольку коэффициент энергетической эффективности больше остальных вариантов и равен 1,87 и 1,71 соответственно. При использовании данных технологий наблюдаются соответственно наибольшее содержание энергии в урожае 1147,51 и 1124,88 ГДж/га, а также наименьшие затраты совокупной энергии 613,64 и 467,06 ГДж/га соответственно.

Предложенные технологии орошения с использованием животноводческих сточных вод обеспечивают возможность комплексного решения задач ресурсосбережения, утилизации большего объема ЖСВ, повышения эффективности использования водных ресурсов и снижения их расхода на формирование единицы урожая, повышения урожайности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агеенко О.М. Технология орошения кукурузы животноводческими сточными водами // Известия нижеволжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2015. – № 1(37). – С. 214–217.
2. Багров М.Н. Режим орошения сельскохозяйственных культур в условиях Нижнего Поволжья / ВГСХА. – Волгоград, 1991. – С. 7–27.
3. Кузнецова Н.В. Режим орошения и нормы внесения удобрений для получения запланированных урожаев зеленой массы кукурузы на светло-каштановых почвах Волго-Донского междуречья: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Волгоград, 1991. – 22 с.
4. Рекомендации по анализу сточных вод животноводческих комплексов / ВНПО «Прогресс». – М., 1984. – 63 с.
5. Семененко С.Я., Григоров М.С. Биоэнергетическая оценка технологий увлажнения кукурузы // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2011. – № 1. – С. 54–56.
6. Семененко С.Я. Теоретическое и экспериментальное обоснование экологически безопасных технологий орошения кормовых культур природными и сточными водами: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. – Волгоград, 2010. – 44 с.

Агеенко Оксана Михайловна, аспирант кафедры «Мелиорация земель и комплексное использование водных ресурсов», Волгоградский государственный университет. Россия.

400002, Волгоград, просп. Университетский, 26.

Тел.: (8442) 41-82-65.

Семененко Сергей Яковлевич, д-р с.-х. наук, директор, Поволжский НИИ эколого-мелиоративных технологий – филиал ФНЦ агроэкологии РАН. Россия.

400012, г. Волгоград, ул. Трехгорная, 21.

Тел.: (8442) 54-14-19.

Ключевые слова: технологии орошения; кукуруза; животноводческие стоки; урожайность; биоэнергетическая эффективность; почва; водные ресурсы; плодородие..

BIO-ENERGETIC EFFECT OF LIVESTOCK WASTE WATER USE AT THE CORN CULTIVATION

Ageenko Oksana Mikhailovna, Post-graduate Student of the chair "Land Amelioration and Integrated Water Resources Management", Volgograd State Agricultural University. Russia.

Semenenko Sergey Yakovlevich, Doctor of Agricultural Sciences, Director, Volga Research Institute of Ecological and Reclamation technologies. Russia.

Keywords: irrigation technology; corn; livestock effluents; yield; bio-energetic effect; soil; water resources; fertility.

There have been studied and analyzed the results to determine the impact of irrigation technologies and use of livestock waste water on the bio-energetic effect of corn cultivation for green mass when watering by sprinkler irrigation. They are given the actual values of irrigation norms according to variants of experience, the amount of soil organic matter entering with livestock waste water, their interplay, effect on yield and energy loss with surface runoff