

## ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ВНЕСЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПРИ ПОЛИВЕ МНОГООПОРНЫМИ ДОЖДЕВАЛЬНЫМИ МАШИНАМИ

**РЫЖКО Николай Федорович**, Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации

**РЫЖКО Сергей Николаевич**, Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации

**РЫЖКО Наталья Васильевна**, Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации

**КАРПОВА Ольга Валериевна**, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

*В статье приведены результаты анализа повышения урожайности различных сельскохозяйственных культур в зависимости от нормы, кратности и сроков подкормки при поливе многоопорными дождевальными машинами. Получена зависимость прибавки урожая от нормы полива и подкормки, а также мощности дождя поливной машины. Приведен анализ основных технических средств для внесения удобрений при поливе и даны предложения по их совершенствованию.*

**Введение.** Выполнение задачи, направленной на дальнейший подъем сельского хозяйства, должно опираться на достижения научно-технического прогресса, внедрение в производство передовых технологий и технических средств, позволяющих повысить производительность труда, экономить материально-технические ресурсы [2, 3]. Этому в полной мере отвечает использование технологии внесения минеральных удобрений с поливной водой [2, 4, 6]. В последние годы данная технология широко внедряется при капельном и спринклерном орошении различных сельскохозяйственных культур и дает значительный эффект.

В то же время при поливе многоопорными дождевальными машинами типа «Фрегат», «Кубань», «Каскад», «Орсис» и иностранными Zimmatic, Valley, которые занимают до 80 % от всего парка техники полива в мелиоративном комплексе Саратовской области, эта технология пока внедряется в малых объемах [5], что обусловлено недостаточной изученностью повышения урожайности от технологических параметров гидроподкормки и несовершенством технических средств внесения удобрений с поливной водой.

Многоопорные дождевальные машины отличает высокая производительность при круглосуточном поливе в автоматическом режиме при обслуживании оператором 3–4 и более машин [1]. Однако урожайность сельскохозяйственных культур зачастую имеет значительно меньшую величину по сравнению с проектной и потенциальной возможностью культур. Одной из причин этого является нехватка питательных веществ в период созревания культуры. Исследования в ООО «Наше дело» и других хозяйствах показали, что во второй половине вегетации, в период интенсивного роста и налива зерна, наблюдается нехватка питательных веществ в почве. Поэтому внедрение гидроподкормки является актуальным.

Цель исследования – определить прибавку урожая сельскохозяйственных культур от технологических параметров гидроподкормки и многоопорных дождевальных машин, провести анализ известных технических средств гидроподкормки и выделить направления их дальнейшего совершенствования.

**Методика исследований.** Для оценки эффективности внесения минеральных удобрений при поливе ДМ «Фрегат» проведена подкормка при выращивании кукурузы



на силос и сою (на орошаемых участках от НС № 2 Энгельсской ОС), люцерны на зеленый корм и сено и кукурузы на зерно на орошаемых участках Комсомольской ОС (табл. 1). Подкормка посевов осуществлялась на фоне сложившейся агрохимической обстановки с учетом плодородия почв и планируемых урожаев. Не на всех участках проведена осенне-весенняя подкормка сухими туками. Урожайность на участках подкормки и при поливе определяли на учетных делянках (по три створа вдоль трубопровода ДМ «Фрегат»).

**Результаты исследований.** Данные табл. 1 показывают, что во всех случаях, хотя и в разной степени, подкормки посевов способствуют росту урожайности сельскохозяйственных культур.

Бобовые культуры (люцерна, соя), обладающие способностью к азотификации, в меньшей степени реагируют на дополнитель-

ную гидроподкормку, но и здесь повышение урожайности достигали 55–65 %.

Эффективность гидроподкормки в фазы интенсивного роста растений подтверждается анализом данных по срокам и нормам подкормки зерновой кукурузы. Две подкормки, проведенные в начале и во второй половине вегетации, обеспечивают урожайность 17,1 ц/га, а приуроченные к периоду наибольшего прироста биомассы и наливу зерна – 18,9 ц/га. Возрастающие дозы азота обеспечивали большую прибавку.

Исследования показывают, что при поливе ДМ «Фрегат» в рядовых условиях эксплуатации в орошаемых хозяйствах равномерность полива невысокая. В концевой части машины на участках недополива и большой мощности дождя урожай снижается из-за нехватки оросительной нормы, а также в результате перераспределения дождя по элементам рельефа.

Таблица 1

**Урожайность сельскохозяйственных культур при поливе ДМ «Фрегат» (вариант 1 – без подкормки) и при гидроподкормке (варианты 2–4)**

Место гидроподкормки	Культура	Вариант	Фактически внесено, кг/га д. в.		Прибавка урожая, ц/га
			твердыми туками в осенне-весенний период	с поливной водой	
НС № 2 Комсомольская ОС	Люцерна на зеленый корм 2-й укос ДМ № 114	1	$N_{60}P_{70}$	0	–
		2	$N_{60}P_{70}$	$N_{60}P_{30}$	19,0
	Люцерна на сено 2-й укос ДМ № 114А	1	$N_{60}P_{70}$	0	–
		2	$N_{60}P_{70}$	$N_{50}P_{20}$	12,5
НС № 5 Комсомольская ОС	Кукуруза зерновая ДМ №67	1	0	0	–
		2	0	$N_{60}$	16,4
		3	0	$N_{30}$	12,7
		4	0	$N_{15}$	1,2
	Кукуруза зерновая ДМ № 72	1	0	0	–
		2	0	$N_{60}+N_{40}$	11,9
		3	0	$N_{60}+N_{40}$	13,7
		4	0	$N_{40}$	4,1
НС № 2 Энгельсская ОС	Кукуруза на силос ДМ № 5	1	0	0	–
		2	0	$N_{35}$	224,0
	Соя ДМ № 15	1	$N_{30}$	0	–
		2	$N_{30}$	$N_{70}$	3,4





В табл. 2 приведены данные урожайности люцерны на сено по створам вдоль трубопровода ДМ «Фрегат» № 114а на участках полива с различной нормой подкормки и удельной мощностью дождя.

Из табл. 2 видно, что по мере удаления от неподвижной опоры и с увеличением мощности дождя снижаются нормы полива и подкормки. Это приводит к снижению урожайности на участках во второй половине трубопровода машины. В целом по машине подкормка увеличивает урожайность люцерны на сено на 55,7 %. В зоне полива аппаратов № 1 и 2 прибавка составила 75–91 %, а в концевой части, где норма подкормки и полива меньше, прибавка составила всего 10–40 %. В концевой части машины увеличивается мощность дождя и пестрота урожая. Это вызвано в основном перераспределением дождя по неровности рельефа.

Математической обработкой опытных данных получено уравнение регрессии для

расчета урожайности ( $У$ ) сена люцерны (2-й укос) в зависимости от поливной нормы, величины подкормки и удельной мощности дождя:

$$У = 28 + 0,258m + 0,4P - 55N_y, \quad r = 0,93,$$

где  $m$  – норма полива,  $m = 30,0–77,5$  мм;  $P$  – величина подкормки (суммарный вес азота и фосфора,  $P = 42,5–111,0$ ), кг д.в./га;  $N_y$  – удельная мощность дождя на данном пролете машины,  $N_y = 0,01–0,12$ , Вт/м<sup>2</sup>.

Исследования показывают, что в результате недополива при снижении нормы полива с 77,5 до 30 мм в концевой части машины недобор урожайности сена составляет 15,7 ц/га, или 48,6 %. Повышение мощности дождя в концевой части машины с 0,01 до 0,12 Вт/м<sup>2</sup> при одинаковой норме полива приводит к снижению урожайности до 6,6 ц/га, или 8,8 %. Замеры показали, что уве-

Таблица 2

**Изменение урожайности люцерны на сено вдоль трубопровода ДМ «Фрегат» в зависимости от нормы полива и подкормки и удельной мощности дождя**

Показатель	Значение						Среднее значение
	2–3	4–5	6–7	8–9	10–11	12–13	
Пролет между тележками	2–3	4–5	6–7	8–9	10–11	12–13	
Тип аппарата	1	2	3	3	4	4	
$M$ , м <sup>3</sup> /га	775	600	464	320	464	300	485
Норма подкормки, кг/га	$N_{80}P_{31}$	$N_{61}P_{25}$	$N_{47}P_{20}$	$N_{33}P_{13}$	$N_{47}P_{20}$	$N_{30}P_{12,5}$	$N_{50}P_{20}$
$N_y$ , Вт/м <sup>2</sup>	0,01	0,03	0,045	0,08	0,085	0,12	
Створы	Урожайность люцерны на сено при гидроподкормке, ц/га						
1	85	70	57	50	70	40	
2	91	94	70	62	50	47	
3	100	68	55	42	60	42	
Среднее	92	77	60,6	51,3	60	43	64,0
	Урожайность люцерны на сено при поливе без удобрений, ц/га						
4	55	45	55	22	51	42	
5	42	40	40	30	42	35	
6	47	47	38	25	35	40	
Среднее	48	44	44,3	25,6	42,6	39	40,6

Примечание:  $M$  – норма полива, м<sup>3</sup>/га;  $N_y$  – удельная мощность дождя, Вт/м<sup>2</sup>.

личение с 42,5 до 111,0 кг д.в./га суммарного веса азота и фосфора при гидроподкормке приводит к увеличению урожайности с 15 до 44 ц/га, или с 56,6 до 91,6 %. Это подтверждает значительную эффективность внесения удобрений при поливе.

Чтобы обеспечить надежную работу при гидроподкормке необходимо совершенствование технических средств внесения минеральных удобрений.

Полевые исследования серийных гидроподкормщиков ДМ-11.640 показали, что они имеют недостаточную надежность работы и требуют практически постоянного наблюдения оператора дождевальной машины. Технологическая емкость для приготовления раствора с плоским дном в полевых условиях не обеспечивает полного растворения удобрений барборатором при заполнении емкости водой. В углах и в центре емкости остаются нерастворенные удобрения. Это требует периодического ручного перемешивания лопатой, что увеличивает трудовые затраты при приготовлении удобрительных растворов.

Для повышения степени растворения минеральных удобрений необходимо технологическую емкость дополнительно оборудовать мешалкой, а нижняя часть технологической емкости должна иметь полуцилиндрическую форму (патент № 176478), что позволит исключить скапливание нерастворимых минеральных удобрений в углах емкости. Мешалка обеспечит удобное интенсивное перемешивание удобрений при заполнении емкости водой, а периодическое ручное перемешивание исключит расслоение раствора по удельному весу жидкости, что в свою очередь обусловит повышение равномерности внесения удобрений.

Для внесения минеральных удобрений при капельном орошении широко используется инжектор. Однако для устойчивой его работы необходим значительный перепад давления до и после инжектора, который должен составлять 0,15–0,25 МПа. Это возможно осуществить на больших орошаемых участках при групповой эксплуатации дождевальных машин и внедрении низконапорных ДМ «Фрегат». Инжектор можно эффективно применять на дождевальных машинах, которые расположены на небольшом удалении от насосной станции, где давление в закрытой оросительной сети составляет 0,6–0,8 МПа.

Для работы низконапорных машины давление составляет всего 0,30–0,45 МПа.

Известно применение опрыскивателей типа ОВТ, которые от вала отбора мощности трактора обеспечивают работу высоконапорного насоса и позволяют вносить раствор удобрений при поливе дождевальных машин. Широкое внедрение здесь сдерживается небольшим объемом емкости и необходимостью использовать трактор.

На электрифицированных дождевальных машинах «Кубань», «Каскад» и иностранных машинах, где для передвижения используется дизель-генератор или подводится линия электропередач, при внесении удобрений с поливом рекомендуется использовать высоконапорные химические насосы с небольшим расходом – 300–600 л/ч, которые впрыскивают раствор в машину.

Для дождевальных машин вантовой конструкции с гидроприводом (типа «Фрегат»), где для передвижения используется энергия оросительной воды, необходима проверка эффективности использования гидрогенератора или гидромотора для внесения минеральных удобрений при поливе.

В последние годы в России разработано несколько вариантов дождевальных машин (ВолжНИИГиМ, ООО «ПоТехИн», РосНИИПМ и др.), где основной трубопровод выполнен из полиэтиленовых или стеклопластиковых труб, которые не подвержены коррозии (патенты №159184, 178776). При внесении минеральных удобрений с поливом необходимо использовать устройства приповерхностного полива для дождевальных машин ферменной и вантовой конструкции (патенты № 169912, 184629), которые снижают высоту подъема дождевого облака и уменьшают попадание агрессивных капель на конструктивные элементы машин. Это способствует повышению надежности работы дождевальных машин. Увеличение ширины расстановки дождевальных насадок на устройства приповерхностного полива позволяет снизить в 1,5 раза интенсивность и мощность дождя, что будет способствовать повышению урожайности при гидроподкормке.

**Заключение.** Исследования показывают, что внесение минеральных удобрений с поливной водой обеспечивает стабильное повышение урожайности сельскохозяйственных культур (20–100 %) при поливе многопор-



ными дождевальными машинами. Величина прибавки урожая зависит от дозы, кратности подкормки, сроков ее проведения и качественных показателей полива многоопорных дождевальных машин.

Для повышения эффективности гидроподкормки при поливе ДМ «Фрегат» необходима тщательная настройка дождевателей, чтобы обеспечить высокую равномерность полива – не менее 0,7. На дождевальных машинах необходимо снижение интенсивности, крупности капель и мощности дождя для того чтобы уменьшить перераспределение дождя по неровностям рельефа поля. Для снижения мощности дождя рекомендуется использовать разработанные устройства приповерхностного дождевания.

Проведен анализ известных технических средств внесения минеральных удобрений при поливе, показаны их преимущества и недостатки, определены основные направления их совершенствования для повышения надежности и эффективности гидроподкормки.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Нагорный В.А., Рыжко Н.Ф. Повышение эффективности полива ДМ «Фрегат» при использовании новых дождеобразующих устройств // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. – 2009. – № 2. – С. 54–56.

2. Рыжко Н.Ф. Совершенствование дождеобразующих устройств для многоопорных дождевальных машин. – Саратов, 2009. – 176 с.

3. Рыжко Н.Ф. Обоснование ресурсосберегающего дождевания и совершенствование дождевальных машин «Фрегат» в условиях Саратов-

ского Заволжья: дис. ... д-ра техн. наук / Рыжко Николай Федорович. – Саратов, 2012. – 356 с.

4. Рыжко Н.Ф. Влияние качественных показателей дождя ДМ «Фрегат» на урожайность сельскохозяйственных культур // Научное обозрение. – 2012. – № 2. – С. 263–273.

6. Справочник по механизации орошения / Б.Г. Штепа [и др.]; под ред. Б. Г. Штепа. – М.: Колос, 1979. – 303 с.

7. Совершенствование устройств приповерхностного дождевания для ДМ «Фрегат» / Д.А. Соловьев [и др.] // Аграрный научный журнал. – 2016. – № 3. – С. 45–48.

**Рыжко Николай Федорович**, д-р техн. наук, проф., Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации. Россия.

**Рыжко Сергей Николаевич**, младший. научный сотрудник, Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации. Россия.

**Рыжко Наталья Васильевна**, старший научный сотрудник, Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации. Россия.

413123, Саратовская обл., г. Энгельс, ул. Гагарина, 1.

Тел.: (8453) 75-44-20.

**Карпова Ольга Валериевна**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Техносферная безопасность и транспортно-технологические машины», Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.

410056, г. Саратов, ул. Советская, 60.

Тел.: (8452) 74-96-35.

**Ключевые слова:** внесение удобрений; полив; прибавка урожая; норма подкормки; равномерность полива; мощность дождя; совершенствование технических средств гидроподкормки.

#### TECHNICAL MEANS OF APPLICATION OF MINERAL FERTILIZERS AT WATERING WITH MULTITOWER SPRINKLING MACHINE

**Ryzhko Nikolai Fedorovich**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Volzhsky Research Institute of Hydrotechnics and Land Reclamation. Russia.

**Ryzhko Sergey Nikolayevich**, Junior Researcher, Volzhsky Research Institute of Hydrotechnics and Land Reclamation. Russia.

**Ryzhko Natalia Vasilyevna**, Senior Researcher, Volzhsky Research Institute of Hydrotechnics and Land Reclamation. Russia.

**Karpova Olga Valerievna**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the chair "Technosphere Safety and Transport and Technological Machines", Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Russia.

**Keywords:** fertilization; irrigation; yield increase; rate of top-dressing; watering uniformity; the energy of rain; the improvement of technical measures of hydro-top-dressing.

**The results of the analysis of the yield increase of various agricultural crops, depending on the norm, multiplicity and timing of feeding with irrigation using multi-head sprinklers are given. The dependence of the yield increase from the rate of irrigation and feeding, as well as the power of rain irrigation machine is obtained. An analysis of the main technical means for fertilizer application during irrigation is carried out, and suggestions for their improvement are given.**

