

ФЕРТИГАЦИЯ В УСЛОВИЯХ СВЕРХНИЗКИХ КОНЦЕНТРАЦИЙ ДЕЙСТВУЮЩЕГО ВЕЩЕСТВА С ПРИМЕНЕНИЕМ ШЛАНГОВЫХ ДОЖДЕВАЛЬНЫХ МАШИН

А. С. Анженков¹, кандидат технических наук
Д. А. Емельяненко², аспирант

¹РУП «Институт мелиорации», г. Минск, Беларусь

²Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, г. Горки, , Беларусь

Аннотация

Проанализированы характеристики шланговых дождевальных машин и гидроподкормщиков. Предложена зависимость для расчета расхода подачи дозирующего устройства с целью фертигации. Приведен пример расчета подачи микроудобрений для шланговых дождевальных машин при удельной дозе 1 л/га вносимого препарата. На основании расчета подобран вариант гидроподкормщика. Проанализирована техническая эффективность стандартного решения гидроподкормки, и предложен способ ее реализации с большей технологичностью.

Ключевые слова: орошение, фертигация, гидроподкормщик, параметры подачи, выбор гидроподкормщика.

Abstract

A. S. Anzhenkov, D. A. Emelyanenko

FERTIGATION UNDER THE CONDITIONS OF SUPER-LOW CONCENTRATIONS OF THE ACTIVE SUBSTANCE WITH THE USE OF HOSE IRRIGATION MACHINES

The characteristics of hose sprinkling machines and hydraulic feeders are analyzed. A dependence is proposed for calculating the flow rate of the dosing device for the purpose of fertigation. An example is given of calculating the supply of microfertilizers for hose sprinkling machines at a specific dose of 1 l/ha of the applied preparation. Based on the calculation, a variant of the hydraulic feeder was selected. The technical efficiency of a standard hydro-feeding solution is analyzed and a method for its implementation with greater manufacturability is proposed.

Keywords: irrigation, fertigation, hydrofeeder, feed parameters, choice of hydrofeeder.

Введение

Динамика погодных явлений (прежде всего, участвовавшие бездождевые периоды, сопровождающиеся температурами, превышающими климатическую норму) повышает актуальность регулирования водного режима в сторону увлажнения, в том числе орошения. Возникновение и расширение четвертой агроклиматической зоны на юге Беларуси указывают на объективную необходимость как орошения при производстве овощных культур, ягод и фруктов в этом регионе, так и проработки вопросов орошения кукурузы, зерновых, луговых культур с учетом перспектив дальнейшего смещения зон на север и возникновения пятой агроклиматической зоны.

Эффективным способом орошения является дождевание, которое увеличивает влаж-

ность не только корнеобитаемого слоя, но и приземного слоя воздуха, понижает их температуру, потери на испарение с поверхности почвы. При дождевании с растений смывается пыль, что усиливает ассимиляцию углерода, развитие и накопление органического вещества. Дождевание дает возможность проведения фертигации [1] – внесения жидких либо растворимых удобрений, микроэлементов, регуляторов роста, средств защиты растений вместе с поливной водой.

Рынок дождевальной техники Беларуси собственного производства представлен достаточно широкой номенклатурой [2], включая мобильные шланговые машины для орошения относительно небольших участков, например: УД-2500, ПДМ-2500, ПДМ-3000 с

сезонной нагрузкой 25–40 га. Также производятся широкозахватные дождевальные машины кругового действия: МДК-5 – МДК-9 с сезонной нагрузкой 40–90 га. Для внесения удобрений и средств химизации вместе с поливной водой производится оборудование для гидроподкормки к дождевальным установкам ОГД-50. На рынке также присутствует достаточно широкий спектр дождевальной техники иностранного производства.

Как при поверхностных способах полива, так и при дождевании техника внесения жидких удобрений существенно снижает их непродуктивные потери за счет повышения усвояемости растениями и количество проходов техники, увеличивает общее плодородие земель и в целом способствует применению интенсивной технологии возделывания сельскохозяйственных культур.

Современные высокоэффективные средства химизации отличаются мизерными доза-

ми внесения препаратов на гектар сельхозугодий. Хелатные микроудобрения вносятся в объеме 0,66–2,0 л/га [3], наименьшие показатели заявлены для микроудобрений Наноплант – 0,1 л/га [4], в то время как гидроподкормщики ориентированы на подачу от 0,2 л/ч и более.

Обычно процесс орошения дождеванием длится от 1 до нескольких десятков часов, и применяемый препарат должен быть равномерно распределен по всей увлажняемой территории, то есть продолжительность внесения должна соответствовать продолжительности орошения.

Таким образом, очевидна необходимость расчета характеристик гидроподкормщиков с учетом современных разработок в сфере микроудобрений, стимуляторов роста и защиты растений для формирования потребных характеристик дозирующих устройств.

Основная часть

На территории Республики Беларусь наибольшее распространение получило дождевание шланговыми дождевальными машинами (далее – ДМ) барабанного типа белорусского и зарубежного производства. Данные ДМ предназначены для орошения овощных и кормовых культур, однолетних и многолетних трав, питомников и ягодных культур.

Орошение шланговыми дождевальными машинами барабанного типа выполняется полосами. За один проход тележка поливает участок поля, равный по длине метражу полиэтиленового шланга (ПЭ-трубы), по ширине – рабочему захвату дальнеструйного аппарата (дождевателя) или ширине консоли, если машина укомплектована консольной тележкой дождевателем [5].

Дождевание можно проводить широким диапазоном поливных норм, начиная с самых малых – 30 м³/га. Это позволяет поддерживать оптимальную для растений влажность почвы на землях со сложным рельефом, на участках с маломощными почвами, расположенными на сильно водопроницаемых породах, – более 600 м³/га. Технические характеристики актуальных шланговых мобильных дождевальных машин представлены в табл. 1.

Движение мобильных шланговых дождевальных машин барабанного типа, независимо от производителя, осуществляется при помощи регулировки штифтов на гидротурбине; включение втягивания полиэтиленовой трубы – при помощи коробки передач. Заводом-изготовителем на машину наклеиваются таблички, где указаны расходы м³/ч, скорость сматывания шланга на барабан м/ч и положение регулирующих штифтов.

Для проведения фертигации совместно с мобильными шланговыми дождевальными машинами необходимо применять специальное оборудование: гидроподкормщики, предназначенные для введения в поливную воду растворов удобрений и препаратов, подразделяющиеся по способу приготовления раствора и подачи его в поток [6–8]:

- гидроподкормщики с прямым использованием энергии водяной струи для получения раствора удобрений и введения его в поток поливной воды за счет использования скоростного напора и перепада давления, создаваемых специальными устройствами;
- гидроподкормщики с отдельным приготовлением растворов высокой концентрации и последующей подачей в напорную или всасывающую линии насосной станции.

Таблица 1. Технические характеристики шланговых дождевальных машин

Показатели	УД-2500	ПДМ-2500	ПДМ-3000	Агромаш <i>Monsoon</i>	<i>Bauer Rainstar</i>	<i>Irriland Raptor</i>
Страна-производитель	Беларусь	Беларусь	Беларусь	Россия – Германия	Австрия	Италия
Расход, м ³ /ч	до 60	до 60	до 85	до 120	до 69	до 41
Диаметр шланга, мм	110	110	110	120–125	90	110
Рабочее давление, атм	до 12	до 12	до 12	до 8	до 11	до 9
Ширина захвата, м	до 90	до 90	до 90	до 120	до 86	до 90
Длина захвата, м	350–400	350	700	500–640	350	350
Максимальная площадь полива с одной позиции, га	3,15–3,6	2,8	6,3	6,0–7,8	3,0	3,15

Таблица 2. Технические характеристики различных типов дозаторов

Показатели		Оборудование для гидро-подкормки ОГД-50	Инжектор 1 1/2"	Дозирующий насос <i>Seko Invikta KCS 630</i>	Дозирующее устройство <i>Dosatron D 20 S VF</i>
Производительность, л/ч	min	100	49	0,0	1 000
	max	1 000	680	0,6	20 000
Рабочее давление, bar	min	0,3	0,7	0,0	0,12
	max	10,0	8,0	7,0	10,0
Пропускная способность, м ³ /ч	min	4,0	4,3	–	–
	max	50	12,7	–	–
Диапазон дозирования, %	min	0,2	–	–	0,2
	max	2,0	–	–	2,0

Производители комплексных удобрительных препаратов («Кристалон», «Нутривант», отечественные «Микростим», «Наноплант» и др.) предлагают широкий спектр их использования для различных культур. Фертигация с применением микроудобрений и биопрепаратов обычно проводится в следующей последовательности: в емкость для маточного раствора заливают микроудобрения, на дозирующем устройстве устанавливают заданную концентрацию. Затем проводится удобрительный полив с заданной концентрацией и поливной нормой. При удобрительных поливах нормой 300 м³/га концентрация препаратов в поливной воде не должна превышать 0,01–0,1 %, или 0,1–1,0 г/л, а при норме полива 600–900 м³/га – 0,2–0,3 %, или 2–3 г/л.

Концентрация удобрительных растворов контролируется по электропроводности с при-

менением приборов рН-метра или солемера. Концентрация удобрений в поливной воде не должна превышать 0,2–0,3 % в сухой и жаркий период; при прохладной или дождливой погоде концентрацию повышают до 0,5 % [9].

В современной мировой практике наиболее популярно оборудование для гидроподкормки, функционирующее на принципе эжекции (инжектор *Venturi*), дозирующие насосы (*Seko Invikta* и др.), дозирующее устройство (*Dosatron* и др.). В табл. 2 представлены характеристики данных устройств.

Потребную подачу дозирующего устройства гидроподкормщика определим по зависимости:

$$q_d = d_n / t_n, \text{ л/мин}, \quad (1)$$

где d_n – доза вносимого за полив препарата, л;

t_n – время полива, мин;

Для удобства расчетов размерности в формулах представлены в величинах, приводимых в документации к дождевальнй технике и гидроподкормщикам.

Доза вносимого за полив препарата определяется как произведение площади полива (S_n , га) на удельную дозу на один гектар, устанавливаемую производителем препарата: (d_1 , л/га): $d_n = S_n \cdot d_1$.

Время одного полива для шланговой дождевальной машины можно определить по выведенной нами зависимости:

$$t_n = 0,06 \cdot L_n \cdot B_n \cdot m_i / Q_{дм}, \text{ мин}, \quad (2)$$

где L_n – длина захвата дождевальной машиной (длина шланга), м;

B_n – ширина захвата дождевальной машины, м;

m_i – норма полива, мм;

$Q_{дм}$ – расход дождевальной машины, м³/ч.

Обобщенная расчетная зависимость примет вид:

$$q_d = 1,67 \cdot Q_{дм} \cdot d_1 / m_i, \text{ мл/мин}. \quad (3)$$

Для примера проведем расчет внесения микроудобрений с удельной дозой 1 л/га при орошении участка дождевальной машиной ПДМ-2500 с максимально возможным расходом 60 м³/ч (табл. 1) и нормой полива 25 мм. В результате получим:

$$q_d = 1,67 \cdot 60 \cdot 1 / 25 = 4,01 \text{ мл/мин (0,24 л/ч.)}$$

Результаты расчета для других дождевальных машин при аналогичных условиях фертигации приведены в табл. 3.

Если сравнить результаты расчета с техническими характеристиками гидроподкормщиков (табл. 2), то по параметрам подходит только дозирующий насос мембранного типа *Seko Invikta KCS 630*. Однако, несмотря на то что эта модель имеет максимальное допустимое давление в своей серии (7 бар), этого недостаточно для работы с допустимым давлением дождевальной машины (12 атм). Кроме того, для работы дозирующего насоса необходим подвод электричества, что технически затруднительно для шланговых дождевальных машин. Поэтому рационально рассмотреть варианты фертигации с использованием конструкций, не требующих электропитания и не зависящих от давления воды в трубопроводе.

В качестве варианта исполнения гидроподкормщика, оперирующего сверхмалыми дозами внесения препаратов, можно рассмотреть инжекторный ввод (поскольку он почти не зависит от давления воды в трубопроводе), а дозирование проводить капельным путем, так как обычные размеры капель 0,03–0,05 мл позволяют регулировать подачу в широком диапазоне.

Для рассматриваемого режима работы ПДМ-2500, необходима капельница с расходом 4,0 мл/мин, а частота капель составит $n_k = 4,0 \text{ мл/мин} / 0,05 \text{ мл} = 80 \text{ капель/мин}$.

При снижении рабочего давления дождевальной машины для струйных дождевальных аппаратов уменьшаются расход воды и площадь орошения за один проход, для консольных дождевальных устройств уменьшается только расход.

Таблица 3. Потребная подача дозирующего устройства гидроподкормщика

Показатели	УД-2500	ПДМ-2500	ПДМ-3000	Агромаш Monsun	Bauer Rainstar	Irrilland Raptor	
Расход, м ³ /ч	60	60	85	120	69	41	
Ширина захвата, м	90	90	90	120	86	90	
Длина захвата (max), м	400	350	700	640	350	350	
Максимальная площадь полива с одной позиции, га	3,6	2,8	6,3	7,8	3	3,15	
Норма полива, m , мм	25	25	25	25	25	25	
Время полива,	$t_{пв}$, мин	900,0	787,5	1111,8	960,0	654,3	1152,4
	$t_{пв}$, ч	15,0	13,1	18,5	16,0	10,9	19,2
Удельная доза, d_1 , л/га	1	1	1	1	1	1	
Доза за 1 полив, d_n , л	3,6	2,8	6,3	7,8	3	3,15	
Подача дозирующего устройства $q_{пв}$, мл/мин	4,0	4,0	5,7	8,0	4,6	2,7	

Заключение

1. Предложена зависимость для расчета расхода подачи дозирующего устройства с целью фертигации.

2. Проведены расчеты подачи микроудобрений для шланговых дождевальнх машины при удельной дозе 1 л/га вносимого препара-

та, подобран вариант гидроподкормщика для реализации расчетной подачи.

3. Проанализирована техническая эффективность стандартного решения гидроподкормки; предложен способ ее реализации с большей технологичностью.

Библиографический список

1. Налойченко, А. О. Удобрительное орошение посредством внесения жидких минеральных удобрений с поливной водой (фертигация) / А. О. Налойченко, А. Ж. Атаканов // Ассоциация НИЦ – ИВМИ. Проект повышения продуктивности воды на уровне поля (ППВ). – Бишкек : КыргызНИИ ирригации, 2009. – 24 с.

2. Анженков, А. С. Дождевальная техника для условий Республики Беларусь / А.С. Анженков, М. Г. Голченко, Д. А. Емельяненко // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2013. – № 3. – С. 102–105.

3. Рак, М. В. Эффективность микроудобрений микростим при возделывании сельскохозяйственных культур на дерново-подзолистых почвах / М. В. Рак, Е. Н. Пукалова // Почвоведение и агрохимия. – 2022. – № 1 (68). – С. 174–183.

4. Как применять наноплант [Электронный ресурс] // Наноплант. Микроудобрение нового поколения. – Режим доступа: <http://www.nanoplant.by/polezniye-sovety/kak-primeniat-nanoplant.html>. – Дата доступа: 22.03.2023.

5. Методические рекомендации по определению оптимальных поливных и оросительных норм для сельскохозяйственных культур / А. С. Анженков [и др.]. – Минск : Институт мелиорации, 2022. – 24 с.

6. Екатеринина, Г. И. Агрохимическое обоснование внесения минеральных удобрений с поливной водой при дождевании в луговой зоне Заволынья / Г. И. Екатеринина, Ю. А. Москвичев // Тр. ВНИИ механизации и техники полива. – Москва : Колос, 1972. – С. 170–182.

7. Москвичев, Ю. А. К вопросу о внесении минеральных удобрений с поливной водой при дождевании / Ю. А. Москвичев, С. Н. Никулин, В. И. Ивашкин / Тр. ВНИИ механизации и техники полива. – Москва : Колос, 1972. – С. 189–206.

8. Шепелевич, П. С. Гидроподкормщик для ввода растворов минеральных удобрений и их жидких форм в трубопровод / П. С. Шепелевич // Мелиорация и водное хозяйство. Научно-техническая информация. – 1981. – Вып. 1. – С. 23–27.

9. Голченко, М. Г. Технология удобрительно-увлажнительного дождевания / М. Г. Голченко, А. Н. Басаревский, Д. А. Емельяненко // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2017. – № 4. – С. 141–146.

Поступила 16 июня 2023 г.