

Н. Н. Назаров, И. В. Некрасова

*Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук (СФНЦА РАН)
г. Краснообск, Россия
E-mail: sibime-nazarov@yandex.ru*

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЦЕССА ВНЕСЕНИЯ В ПОЧВУ БАКТЕРИАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

Аннотация. Рассмотрены вопросы технического обеспечения процесса внесения в почву бактериальных удобрений на основе использования устройства для распределения потока рабочей жидкости бактериальных препаратов по количеству посевных рабочих органов. Установлено, что предложенная конструкция устройства обеспечивает неравномерность распределения жидких форм бактериальных препаратов по количеству посевных рабочих органов на уровне, не превышающем 10 %, оцениваемую коэффициентом вариации. Высокое качество достигается при давлении рабочей жидкости в системе до 0,3 МПа, диаметре канала форсунки 3–5 мм, и угле наклона устройства от вертикали до 6 град.

Ключевые слова: жидкие минеральные удобрения, посевные рабочие органы, неравномерность, техническое обеспечение.

N. N. Nazarov, I. V. Nekrasova

*Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences (SFSCA RAS)
Krasnoobsk, Russia
E-mail: sibime-nazarov@yandex.ru*

TECHNICAL SUPPORT FOR THE PROCESS OF APPLYING BACTERIAL FERTILIZERS INTO THE SOIL

Abstract. The issues of technical support for the process of introducing bacterial fertilizers into the soil are considered based on the use of a device for distributing the flow of working fluid of bacterial preparations according to the number of sowing working bodies. It has been established that the proposed design of the device ensures uneven distribution of liquid forms of bacterial preparations among the number of seeding working bodies at a level not exceeding 10%, estimated by the coefficient of variation. High quality is achieved when the pressure of the working fluid in the system is up to 0.3 MPa, the diameter of the nozzle channel is 3–5 mm, and the angle of inclination of the device from the vertical is up to 6 degrees.

Keywords: liquid mineral fertilizers, sowing working bodies, unevenness, technical support.

Введение

Для удовлетворения потребностей населения в продуктах питания и устойчивого обеспечения животноводства кормами необходимо значительное увеличение урожайности сельскохозяйственных культур, в том числе зерновых. При этом главным является создание в корнеобитаемом слое почвы высоких доз легкодоступных соединений азота, служащих основным источником питания высокоурожайных сортов растений. Решение проблемы азотного питания за счет использования традиционных методов (применения минеральных удобрений, в первую очередь азотных, внесения органических удобрений и возделывания бобовых культур в севооборотах) при ограниченных экономических возможностях сельскохозяйственных предприятий, возрастающих энергетических и экологических проблемах позволяет лишь на 10–15 % удовлетворить потребности земледелия в этом факторе. Достаточно сказать, что в настоящее время в России на 1 га пашни вносится около 50 кг д.в. этих удобрений, практически обеспечивая только стартовую дозу для вегетирующих растений, а в Сибирском федеральном округе их количество не превышает 25 [1]. Поэтому величина урожая зависит в основном от складывающихся погодных условий и естественного плодородия почв.

Основная часть

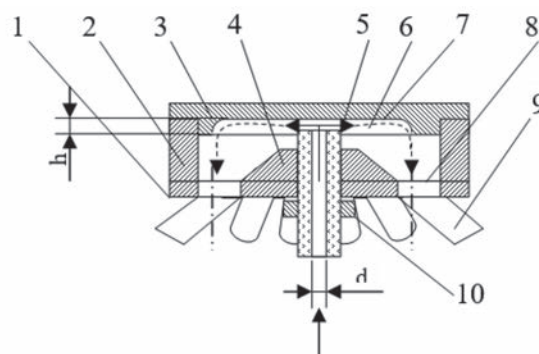
В связи с изложенным весьма актуальной становится проблема изыскания новых ресурсов азотных удобрений с минимальными затратами на их применение. Одним из перспективных направлений решения этой проблемы является метод непосредственного использования атмосферного азота для питания сельскохозяйственных культур, при котором азотфиксирующие бактерии, размножаясь в ризосфере, фиксируют атмосферный азот и обеспечивают по различным литературным данным в зонах умеренного климата не менее 20 % потребности зерновых в азоте.

Другой аспект рассматриваемой проблемы – техническое и технологическое обеспечение процесса внесения в почву препаратов азотфиксирующих бактерий. Предварительными исследованиями установлено, что с точки зрения эффективности целесообразно вносить эти препараты в жидком виде одновременно с посевом. В настоящее время производство машин для внесения в почву ЖМУ в значительной степени сокращено, а малые объемы внесения жидких удобрений не стимулируют вопросы создания подобных технических средств в России. Поэтому разработка технических средств для реализации рассматриваемого технологического процесса также является весьма актуальной.

Разрабатываемый технологический процесс внесения в почву жидких форм бактериальных удобрений должен обеспечить устойчивость его функционирования при наличии внешних воздействий за счет совершенствования способов их дозирования и распределения на подстилающей поверхности (или в полосе посева семян). К внешним воздействиям следует отнести быстрый износ подающих рабочую жидкость магистралей вследствие их соприкосновения с почвой, дозирование малых объемов жидких форм препаратов, приводящих к нарушению технологического регламента нормы внесения этого вида удобрений и забивание отверстий (наконечников) земель. Для избежания подобного рода явлений принято решение дозирование и распределение рабочей жидкости по количеству посевных рабочих органов производить в специальном устройстве, обеспечивающем исключение контакта с почвой [2] (рис. 1).



a



б

Рис. 1. Устройство для распределения потока рабочей жидкости бактериальных препаратов по количеству посевных рабочих органов: *a* – общий вид; *б* – структурная схема устройства:

1 – основание; 2 – корпус; 3 – крышка; 4 – усеченный конус; 5 – жидкостная форсунка; 6 – распределительная камера; 7 – дефлектор; 8 – выходные отверстия для стока жидкости; 9 – патрубки для отвода жидкости к рабочим органам; 10 – гайка крепления жидкостной форсунки; h – расстояние между торцом жидкостной форсунки и дефлектором; d – диаметр отверстия жидкостной форсунки

При работе представленного устройства поступающая из бака рабочая жидкость бактериальных препаратов, проходя через калиброванное отверстие жидкостной форсунки 5, подается под давлением в зазор между ее торцом и дефлектором 7. При встрече струи жидкости с дефлектором происходит ее упругое деформирование, и дальнейшее движение жидкого потока осуществляется по поверхности дефлектора в виде пленки, которая, равномерно растекаясь, перемещается к выходным отверстиям для стока жидкости 8 и поступает в патрубки для отвода жидкости к рабочим органам 9. Важно при этом отметить, что равномерность распределения жидкости по количеству

посевных рабочих органов незначительно зависит от вертикальной установки дозатора-распределителя, так как распределяющие силы преобладают над гравитационными.

В целом характер движения рабочей жидкости в предлагаемом устройстве определяется величиной h – расстоянием между торцом жидкостной форсунки и дефлектором. Эта величина определена из полученного гидравлического уравнения

$$\rho \cdot \pi \cdot d \cdot h \cdot v_1^2 = P_0 + mg,$$

где ρ – плотность жидкости; v – скорость потока; P_0 – сила, с которой струя жидкости воздействует на дефлектор.

При этом были приняты следующие основные условия:

1. Струя жидкости, вытекающая из канала форсунки, должна растекаться по отражательной поверхности без распада в точке контакта.

2. Поток должен равномерно распределяться по отражательной поверхности распределительного устройства.

3. Давление в системе должно обеспечить движение пленки по отражательной поверхности без отрыва от нее.

Исходя из этого, должно соблюдаться равенство расходов: потока Q_1 , определяемого диаметром d сопла форсунки и потока, определяемого величиной h – расстоянием между торцом жиклера (форсунки) и отражателем и условием неразрывности течения:

$$\omega_1 \cdot v_1 = \omega_2 \cdot v_2,$$

где ω_1, ω_2 – живые сечения потока в исследуемых точках, v_1, v_2 – средние скорости в соответствующих живых сечениях потока. После определения ω_1, ω_2 через их составляющие установлено, что h определяется следующей зависимостью: $h = d / 4$.

Таким образом, для реализации определен цилиндрический канал с установкой его торца на расстоянии $h = d / 4$ от дефлектора распределительного устройства.

Для подтверждения отмеченных утверждений и теоретических положений проведены исследования на специально созданной экспериментальной установке (рис. 2) с использованием устройства для распределения потока рабочей жидкости бактериальных препаратов.

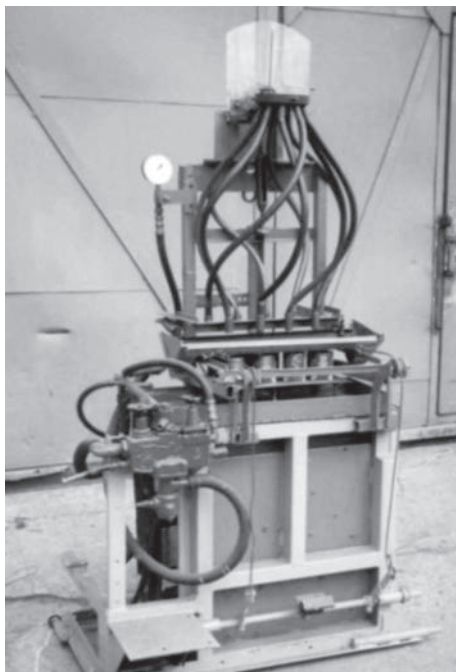


Рис. 2. Экспериментальная установка для оценки качества распределения рабочей жидкости бактериальных препаратов по рабочим органам

Равномерность распределения рабочей жидкости бактериальных препаратов по рабочим органам, принимаемая в качестве выходного параметра и оцениваемая коэффициентом вариации \sqrt{v} , %, зависит от следующих факторов: давления рабочей жидкости в системе – P , МПа; диаметра отверстия форсунки d , мм; зазора между торцом форсунки и дефлектором h , мм; угла отклонения оси устройства для распределения потока рабочей жидкости бактериальных препаратов от вертикали α , град. Вследствие того, что величина h определена достаточно достоверно в ходе теоретических исследований, в проведении факторного эксперимента участвуют три варьируемых фактора – P , d и α . Угол отклонения оси устройства α принят в качестве варьируемого фактора вследствие возможного угла уклона поверхности обрабатываемой площади поля. К реализации принят композиционный трехуровневый симметричный план № 34 [3]. Пределы изменения исследуемых факторов приведены в таблице.

Таблица 1. Пределы изменения исследуемых факторов

Факторы	Уровни варьирования факторов			Выходной показатель Неравномерность (коэф. вариации) \sqrt{v} , %
		-1	0	
Давление рабочей жидкости, P , МПа	X_1	0,1	0,2	0,3
Диаметр канала форсунки, d , мм	X_2	3	4	5
Угол отклонения от вертикали, α , град	X_3	0	3	6

Обработка и анализ результатов экспериментальных исследований осуществлялись в соответствии с рекомендациями [3–5].

Организационно каждый опыт построен следующим образом. Рабочая жидкость насосом подается в распределительное устройство под требуемым давлением, регулируемым посредством регулятора давления и отображаемым манометром. По истечении определенного времени, требуемого для стабилизации процесса истечения жидкости из патрубков для отвода жидкости к рабочим органам, производилась одновременная подача этой жидкости в мерные стаканы. Время опыта зависело от емкости стаканов и расхода жидкости, но в целом определялось величиной 30–60 с. По истечении указанного времени производилась отсечка поступающей в стаканы жидкости, которая в дальнейшем взвешивается на весах ВК–600 с точностью до 0,1 г.

После реализации соответствующего плана экспериментов и получения результатов произведен расчет коэффициентов регрессии и получено уравнение регрессии процесса распределения рабочей жидкости бактериальных препаратов по рабочим органам:

$$Y = 5,36 - 0,53 X_2^2 + 1,97 X_3^2 + 0,71 X_1 + 2,37 X_3 - 0,55 X_1 X_2 + 0,55 X_2 X_3.$$

Как показывает анализ регрессионного уравнения, графическая интерпретация которого представлена на рис. 3, влияние каждого фактора на качество распределения рабочей жидкости бактериальных препаратов по количеству посевных рабочих органов неоднозначно.

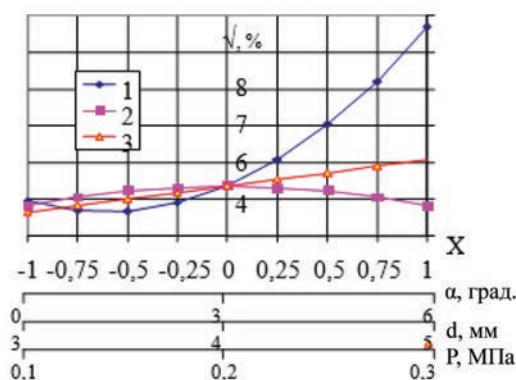


Рис. 3. Графическая интерпретация регрессионного уравнения: 1 – $\sqrt{v} = f(\alpha)$; 2 – $\sqrt{v} = f(d)$; 3 – $\sqrt{v} = f(P)$

Качество распределения в большей степени зависит от фактора X_3 – угла наклона распределителя и в меньшей степени от давления в системе и диаметра канала форсунки.

Поскольку b_i имеет положительное значение, то увеличение X_i вызывает увеличение неравномерности распределения жидкой среды по рабочим органам, максимальный эффект достигается при α_{\min} .

Влияние смешанного произведения факторов оценивается значимостью и знаком коэффициента b_{ij} . Так как при X_1X_2 перед b_{ij} стоит знак минус, то качество распределения будет возрастать, если X_1 и X_2 находятся на противоположных верхнем и нижнем уровнях. Учитывая, что при X_2X_3 b_{ij} имеет положительное значение, качество распределения будет возрастать, если X_2 и X_3 будут также находиться на противоположных уровнях.

При минимальных значениях факторов наблюдается практически равное их влияние на качество распределения, и эта тенденция сохраняется до приобретения ими средних значений в пределах варьирования в опыте. При дальнейшем возрастании значений максимальное влияние на качество распределения оказывает угол наклона распределителя.

Заключение

Таким образом, для качественного распределения рабочей жидкости бактериальных препаратов и его устойчивого протекания целесообразно использовать распределитель-дозатор с центральным подводом рабочей жидкости и радиальным ее распределением к рабочим органам. Высокое качество распределения (менее 10 %, оцениваемое коэффициентом вариации) достигается при давлении рабочей жидкости в системе до 0,3 МПа, диаметре канала форсунки 3–5 мм, и угле наклона распределителя до 6 град.

Список использованных источников

1. Манжина, С. А. Анализ обеспечения АПК России удобрениями / С. А. Манжина // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2017. – № 3 (27). – С. 199–221.
2. Назаров, Н. Н. Многопоточный распределитель жидкости : полез. модель RU 88899 / Н. Н. Назаров. – Оpubл. 27.11.2009.
3. Таблицы планов эксперимента для факторных и полиномиальных моделей (справочное издание). – М.: Металлургия, 1982. – 752 с.
4. Мостеллер, Ф. Анализ данных и регрессия / Ф. Мостеллер, Дж. Тьюки. – М.: Финансы и статистика, 1982. – Вып. 1. – 319 с. – Вып. 2. – 239 с.
5. Мельников, С. В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / С. В. Мельников, В. Р. Алешин, П. М. Рощин. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Колос, 1980. – 168 с.