

ОЦЕНКА ПОТЕРЬ ПЕСТИЦИДОВ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ

Маркевич А.Е.¹, к.т.н., доцент, Крук И.С.², к.т.н., доцент,
Бекбосынов С.Б.³, к.т.н., профессор, Болат Унат³, Анищенко А.И.²

¹ ООО «Ремком»,

² Учреждение образования «Белорусский государственный
аграрный технический университет»,

Казахский национальный аграрный исследовательский
университет

Введение

Основными операциями при применении химического метода защиты растений являются протравливание семян и опрыскивание посевов для защиты от сорняков, вредителей и болезней. Потери пестицидов можно разделить на зависящие и независящие от устройства и параметров работы машин. К независящим от машин относятся потери при хранении на складах, перефасовке и транспортировке пестицидов. Каждый вид потерь пестицида имеет ряд причин и вполне реальную количественную оценку. Кроме того, современный уровень развития техники для защиты растений позволяет значительно снизить эти потери и уменьшить нормы внесения пестицидов.

Основная часть. Потери пестицидов при опрыскивании начинаются с неравномерного распределения рабочей жидкости вдоль штанги опрыскивателя. Причины этой неравномерности можно классифицировать следующим образом.

Неравномерная производительность распылителей.

Агротехнические требования допускают отклонение до 5 % от средней производительности по распылителям, установленным на штанге. Однако современные технологии производства распылителей и новейшие конструкционные материалы позволяют снизить реальное отклонение до 1 %. Во время эксплуатации происходит износ кромок сопла распылителя и площадь проходного сечения увеличивается. Это приводит к изменению

производительности распылителей, установленных на штанге, и к необходимости проведения их калибровки.

Неидентичность эпюр распределения жидкости отдельных распылителей.

Причиной этого могут служить отклонения параметров технологического процесса при изготовлении распылителей, износ сопла, неверная пространственная ориентация распылителя (плоскость факела должна составлять угол $7-10^\circ$ с осью штанги).

Несоответствие технологического режима работы распылителей и высоты расположения штанги опрыскивателя относительно обрабатываемой поверхности.

К параметрам технологического режима относятся шаг расстановки распылителей и давление жидкости в напорной магистрали опрыскивателя. Целью является решение интерполяционной и, по возможности, экстремальной задачи минимизации неравномерности распределения жидкости вдоль штанги опрыскивателя, если в качестве выходного параметра принять коэффициент вариации v . Наиболее эффективно задача решается методами планирования эксперимента. Для каждого типа распылителей необходимо получить математические модели, показывающие зависимость v (%) от давления жидкости ($P=0,25\dots 0,55$ МПа) и высоты установки штанги ($H=0,5\dots 0,96$ м). Обработка моделей методом сечений поверхности отклика позволяет, в дальнейшем, определить оптимальное сочетание входных факторов [1, 2]. Результаты исследований различных типов распылителей, показывают, что неравномерность можно снизить до 1,0-3,5% [2]. Причем имеется возможность эксплуатировать некоторые типы распылителей с шагом расстановки на штанге 1,0 и даже 1,5 м в том диапазоне факторного пространства, где коэффициент вариации не превышает 15 % в соответствии с агротехническими требованиями.

Это позволяет снизить количество рабочей жидкости вносимой на единицу площади посевов, что, в свою очередь, значительно увеличивает производительность опрыскивателя за счет снижения технологических простоев.

Анализ причин неравномерности распределения жидкости вдоль штанги опрыскивателя показывает, что коэффициент вариации

может достигать 20-25% даже при правильно подобранных, не изношенных распылителях и технически исправных базовых узлах опрыскивателя. В реальных эксплуатационных условиях это значение выше в 2,0-2,5 раза.

Таблица 1. – Диапазон изменения коэффициента вариации распределения жидкости вдоль штанги опрыскивателя

Марка распылителя	Диапазон изменения $v(\%)$ при шаге L расстановки распылителей на штанге		
	L=0,5 м	L=1,0 м	L=1,5 м
TwinJet TJ80.04 (Teejet)	2,5-6,0	-	-
DG 110.05 VS (Teejet)	1,55 – 3,62	-	-
AI 110.02 VS (Teejet)	2,97 – 12,31	-	-
DB 120.04 (Lurmark)	2,65 – 6,22	-	-
INJET 02 (Hardi)	2,66 – 9,38	-	-
ID 120.02 (Lechler)	3,42 – 4,87	-	-
110.04 (Teejet)	1,0-5,5	6,6-18,1	-
TQ150.04 (Teejet)	3,0-13,5	8,0-16,8	18,2-33,8
Turbo TT 110.04 (Teejet)	2,9-5,0	5,8-15,6	9,6-46,9

Вторым фактором, влияющим на потери пестицидов, является неравномерность распределения рабочей жидкости в направлении движения опрыскивателя, которую также характеризуют коэффициентом вариации v . Его значение достигает 25 %. Эти потери связаны с невозможностью поддержания постоянной скорости движения опрыскивателя по полю из-за особенностей рельефа, плохого качества обработки почвы, неопытности или низкой квалификации оператора. Для снижения влияния этих факторов современные опрыскиватели оборудуются компьютерными системами, обеспечивающими автоматическое поддержание необходимой нормы внесения рабочей жидкости на гектар. Компьютер получает входную информацию с импульсного датчика S , обеспечивающего подсчет частоты вращения колеса опрыскивателя, а так же с расходомера F , фиксирующего количество жидкости, подающейся в единицу времени к распылителям. Обработав входную информацию, компьютер проводит автоматическую коррекцию давления рабочей жидкости в

системе нагнетания опрыскивателя для обеспечения заданной нормы внесения. Подобные компьютерные системы имеют ряд дополнительных преимуществ, обеспечивая удаленное управление процессом опрыскивания из кабины оператора, упрощая настройку опрыскивателя и обладая множеством информационных функций.

Коэффициент вариации является статистической характеристикой, определяющей потери в неявной форме. Если принять, что колебания количества отложившегося препарата на единице обработанной площади подчиняются нормальному закону распределения (рисунок 1), то в качестве заданной нормы внесения можно рассматривать величину Q_{cp} . При этом половина точек отбора проб будет содержать большее количество отложений и, по сути, будет характеризовать потери в явной форме. Норму внесения рабочей жидкости на гектар обычно задают с учетом возможных потерь, и она значительно выше биологически необходимой дозы Q_0 . Вероятность попадания в зону, расположенную левее линии Q_0 должна быть крайне низкой (не более 1%), т.к. эффективность применения пестицида будет равна нулю.

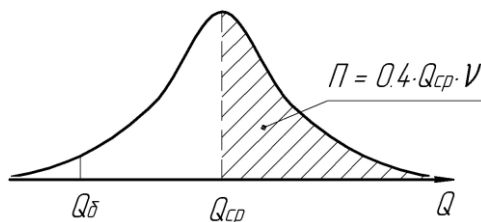


Рисунок 1. – К вопросу определения потерь пестицидов

Для нормально распределенной случайной величины существует зависимость [3]:

$$\sum_{i=1}^n |Q_i - Q_{cp}| / n \approx 0,8\sigma, \quad (1)$$

где Q_i – количество рабочей жидкости, отложившейся в i -той точке объекта обработки;

n - количество точек отбора проб;

σ - среднее квадратическое отклонение количества отложившейся рабочей жидкости.

Учитывая, что к потерям можно отнести только заштрихованную половину площади, ограниченной осью и кривой на рисунке 1, и разделив обе части (1) на Q_{cp} , получим, что доля потерь рабочей жидкости пропорциональна $0,4v$. Переходя от процентных соотношений к физическим величинам, потери P можно рассчитать по формуле:

$$P \approx 0,4Q_{cp} v, \quad (2)$$

где v - коэффициент вариации, выраженный в долях единицы.

Таким образом, снижение неравномерности распределения жидкости, как вдоль штанги опрыскивателя, так и в направлении его движения является важным резервом экономии пестицидов.

Многочисленными исследованиями установлены оптимальные диапазоны размеров капель для различных видов пестицидов: гербициды – 200...250 мкм, инсектициды и фунгициды - 70...150 мкм [4].

Фракции капель с диаметром менее 50 мкм подвержены испарению, сносу ветром и восходящими потоками воздуха. Время существования таких капель до полного испарения меньше времени их гравитационного осаждения, поскольку скорость их оседания в спокойном воздухе не превышает 0,15 м/с. Поэтому такие капли практически не достигают поверхности объекта обработки. Капли диаметром более 300 мкм плохо удерживаются на поверхности растений и стекают на землю. Таким образом, дробление рабочей жидкости как на очень мелкие, так и на очень крупные капли является экономически и экологически нецелесообразным. Несмотря на наличие в факелах стандартных щелевых распылителей большое количество капель размером менее 50 мкм (до 40 % от общего количества) [1, 2], содержащийся в них объем жидкости незначителен и колеблется в пределах 0,03...1,53 % от общего расхода.

Значительные потери могут возникнуть с каплями размером более 300 мкм [5]. Объем жидкости в этих каплях, несмотря на

небольшое их количество (до 4 % от общего числа капель), колеблется для щелевых распылителей в пределах: 17... 55 %.

Для снижения потерь из-за неоптимальных размеров капель наиболее перспективным является использование распылителей, образующих низкократные пены. При работе таких распылителей каждая капля, выходящая из сопла, содержит в себе один или несколько пузырьков воздуха, что значительно снижает ее вес и повышает адгезионные свойства. Количество мелких капель в факелах таких распылителей очень незначительно.

Наличие огрехов и перекрытий соседних проходов опрыскивателя связано с отсутствием визуальных ориентиров для оператора на поле. Эта проблема наиболее актуальна при отсутствии технологической колеи. До 10 % площади подвергается двойной обработке. Наиболее простым и дешевым решением является применение пенных маркеров, устанавливаемых на концах штанги и генерирующих пенные метки, которые откладываются на поверхности почвы и в течение достаточно длительного времени (до 30 мин.) служат ориентирами вождения.

Применение систем глобального позиционирования (GPS), позволяющих оператору отслеживать и корректировать отклонение опрыскивателя от заданного направления движения, информация о котором передается со спутника на специальный ресивер, а затем на дисплей расположенный в кабине трактора.

Количественная оценка (таблица 2) потерь пестицидов была рассмотрена в разрезе их применения на различных культурах.

Таблица 2. – Резервы снижения потерь пестицидов при использовании современных технических средств

Вид пестицида	Стоимость обработки долл. США/га	Возможное снижение потерь, % (долл. США)				
		неравномерность по ширине штанги	неравномерность в направлении движения	снос и испарение мелких капель	потери крупных капель	неточность вождения агрегата
		до 10%	до 10%	до 1,5 %	до 15%	до 10%
Гербициды:						
зерновые	9,8	0,98	0,98	0,147	1,47	0,98
кукуруза, рапс	48,5	4,85	4,85	0,728	7,28	4,85
лен	11,2	1,12	1,12	0,168	1,68	1,12
Инсектициды	4,8	0,48	0,48	0,072	0,72	0,48
Фунгициды	27,9	2,79	2,79	0,419	4,19	2,79

Анализ таблицы показывает, что экономия финансовых средств за счет снижения потерь пестицидов может составить: по гербицидам – 4,55 долл. США/га на зерновых, 22,56 долл. США/га на кукурузе и рапсе, 5,21 долл. США/га на льне, по инсектицидам – 2,23 долл. США/га и по фунгицидам – 12,68 долл. США/га в среднем по всем культурам.

Потери, связанные с неравномерным отложением препарата на семенах, оцениваются коэффициентом вариации и, в настоящее время, изучены недостаточно. Однако конечная цель процесса протравливания заключается в нанесении на каждую семянку одинакового количества пестицида с максимально равномерным его распределением по поверхности. Для ее достижения необходимо разработать новые технические средства и методы контроля технологического процесса.

Заключение

Потери пестицидов при применении химического метода защиты растений, связанные с несовершенством технических средств его реализации, в настоящее время составляют до 50 % при опрыскивании и до 25 % при протравливании. Применение более совершенных технических средств позволит их снизить до 5–10 %, что в финансовом исчислении составит более 20 долл. США/га по зерновым культурам и льну, до 38 долл. США/га по кукурузе и рапсу.

ЛИТЕРАТУРА

1. Клочков, А.В., Маркевич, А.Е. Механизация химической защиты растений: монография. – Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2008. – 228 с.
2. Классификация потерь пестицидов и их оценка / А.В. Клочков [и др.] // Инженерный вестник – 2007 – № 1 (23), с. 4–7.
3. Чеботарев А.С. Способ наименьших квадратов с основами теории вероятностей. – М.: Изд-во геодез. лит., 1958.
4. Лысов А.К. Механизация на распутье.// Защита растений, 1992 г., № 10, с. 10.
5. Шершабов И.В. Расчеты физических потерь препаратов.// Защита растений, 1991 г., № 3. С. 42.