

# Глифосат в комбикормах для птицы

Тюрина Д.Г.<sup>1</sup>, кандидат экономических наук

Меликиди В.Х.<sup>1</sup>

Околелова Т.М.<sup>2</sup>, доктор биологических наук, профессор, Заслуженный деятель науки РФ

Йылдырым Е.А.<sup>1</sup>, доктор биологических наук

Лаптев Г.Ю.<sup>1</sup>, доктор биологических наук

Новикова Н.И.<sup>1</sup>, кандидат биологических наук

Ильина Л.А.<sup>1</sup>, кандидат биологических наук

Биконя С.Н.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ООО «БИОТРОФ», Санкт-Петербург; <sup>2</sup>ООО «НВЦ Агроветзащита», Москва

**Аннотация:** Глифосат – наиболее популярный гербицид широкого спектра и десикант. Широкое применение глифосата, а также ввоз кормового сырья из генетически модифицированной сои, устойчивой к глифосату, приводят к повышенному содержанию пестицида в комбикормах. Глифосат негативно влияет на микрофлору желудочно-кишечного тракта. Применение пробиотиков, обладающих свойствами биотрансформации, позволяет снизить отрицательное воздействие гербицида.

**Ключевые слова:** гербицид, десикант, глифосат, птицеводство, кормовое сырье, комбикорма, биотрансформация, пробиотик.

Глифосат – это системный гербицид широкого спектра действия и десикант зерновых культур, органофосфорное соединение. Наиболее известный препарат глифосата – RoundUp производства Monsanto. Глифосат используют для уничтожения сорняков при введении в оборот заброшенных и залежных земель, при уходе за парами, при предпосевной обработке полей, в минимальных (no-till) технологиях возделывания многих культур, а также для предуборочной десикации. В последние годы вопросам опасности глифосата было посвящено большое количество как научных, так и спекулятивных публикаций, однако в России эта тема вплоть до недавнего времени была слабо освещена.

Глифосаты используются в сельском хозяйстве многих стран мира. Крупнейшими потребителями глифосатов в мире являются США и Бразилия. В зависимо-

сти от региона доля площадей, обработанных глифосатами, в России меняется от 10% до 30%. По данным 2018 г., самая высокая доля посевных площадей обрабатывается глифосатами в Калининградской области (около 30%). Более часто этот гербицид применяют на чистых парах и зерновых культурах.

Молекула глифосата была синтезирована в 1970 г. в компании Monsanto. К настоящему времени срок действия патента истек, и многие производители выпускают продукты с глифосатом. Например, в России зарегистрированы 31 препарат изопропиламиновой соли глифосата, 17 препаратов аммонийной соли, а также препараты других соединений данного действующего вещества [1].

## Чрезмерное применение и риск для здоровья?

После того как с 1974 г. глифосат стал широко применяться

в агротехнике, многое изменилось.

Во-первых, технология производства глифосата позволяет получить относительно недорогой и эффективный продукт, используемый повсеместно.

Во-вторых, были выпущены на рынок генетически модифицированные (ГМ) сельскохозяйственные культуры (соя, кукуруза, рапс, люцерна, сахарная свекла и хлопок), устойчивые к действию глифосата, и обработки глифосатами стали осуществляться многократно и по вегетационной массе растений. В России до конца 2021 г. действует упрощенный порядок ввоза ГМ-соеи и шрота: сейчас не требуется регистрация ГМ-линий и идентификация ГМ-растений при ввозе. В результате в настоящее время на кормовом рынке России в изобилии представлены кормовые компоненты с высоким содержанием глифосата.





В-третьих, отмечено, что появляются устойчивые к глифосату сорняки. С момента первой регистрации резистентного к глифосату плевела в 1996 г. повсеместно регистрируются устойчивые к гербициду амброзия, мятлик, сорго алеппское и другие сорные растения [2]. Как следствие, агрономы вынуждены увеличивать концентрацию гербицида при обработках.

В-четвертых, изначально глифосат классифицировался как малотоксичное и нетоксичное для человека и животных вещество. Однако после нескольких случаев возникновения раковых заболеваний у людей, использовавших глифосат по роду своей профессиональной деятельности, Международное агентство по исследованию рака в 2015 г. классифицировало глифосат в группе 2А как «вероятно, канцерогенный для человека»; направления канцерогенности - оксидативный стресс и генотоксичность [3].

Таким образом, сегодня мы наблюдаем, с одной стороны, широкое применение глифосата, и, с другой стороны, угрозу здоровью людей и животных.

### Каковы же ПДК для глифосата?

В проблеме установления предельно допустимых концентраций гербицида пересекаются интересы ряда сторон: производителей, потребителей, государства и граждан. Интересам большинства лиц служит установление максимально высоких из возможных значений. Действительно, производители - гиганты химической промышленности - обеспечивают рост выручки. Потребители - растениеводческие организации - стремятся получить высокую и стабильную урожайность. Государство, тем самым, решает массу вопросов: от социального развития села до роста экспорта сельскохозяйственной продукции. Интересы граждан, к сожалению, представлены слабо, а общественный запрос на

**Таблица 1. Максимально допустимые уровни остатков действующих веществ отдельных пестицидов [7].**

Наименование действующего вещества	МДУ/ВМДУ в продукции, мг/кг
Глифосат	Подсолнечник (семена), кукуруза (зерно) - 0,3. Зерно хлебных злаков - 3,0. Рис, соя (бобы) - 0,15.
Глифосат аммонийный	Подсолнечник (семена), гречиха, просо, рапс (семена), зерно хлебных злаков, бобовые - 0,4.

объективное изучение и раскрытие последствий применения глифосата удовлетворяют пока лишь отдельные научные публикации.

Поэтому неудивителен широкий разброс допустимых концентраций глифосата: например, компания Bayer установила показатель острой токсичности препарата RoundUp в исследовании на утках более чем в 4640 мг/кг. Европейское агентство по пищевой безопасности установило значение в 100 мг/кг веса в день как уровень, не вызывающий видимых нежелательных явлений (NOAEL) [4].

В России ПДК значительно ниже. Роспотребнадзором установлены максимально допустимые уровни (МДУ) глифосата в семенах подсолнечника - 0,3мг/кг, в подсолнечном масле - 0,1 мг/кг, в зерне сои - 0,15 мг/кг, в соевом масле - 0,05 мг/кг [5]. Также Роспотребнадзором установлена допустимая суточная доза глифосата в размере 0,1 мг/кг массы тела человека и ПДК в воде водоемов в размере 0,02 мг/кг [6]. Требования Таможенного Союза к максимально допустимым уровням глифосата представлены в табл. 1.

### Механизм действия

Механизм действия глифосата основан на ингибировании фермента 5-енолпирувил-шикимат-фосфатсинтазы - ключевого участка шикиматного пути синтеза трех важнейших протеиногенных аминокислот. Это фенилаланин, тирозин и триптофан.

Ряд существующих доказательств нетоксичности глифосата основывается на том, что у человека и сельскохозяйственных животных шикиматный путь био-

синтеза отсутствует. Однако у большинства микроорганизмов шикиматный путь является единственным способом синтеза незаменимых аминокислот. Таким образом, глифосат однозначно воздействует на микроорганизмы.

Известно, что глифосат существенно образом влияет на структуру микрофлоры желудочно-кишечного тракта пчел, мышей, крыс, коров и птиц [8]. В исследовании влияния глифосата на микрофлору птицы было показано, что представители нормофлоры не выживают даже при относительно низких концентрациях гербицида, в то время как отдельные патогены (*Clostridium perfringens*, *Salmonella enteritidis*, *Salmonella gallinarum*) способны расти и размножаться при его концентрациях до 5 мг/мл [9].

В исследовании на перепелах было показано, что скормливание птице кормов с повышенными концентрациями глифосата изменяет структуру кишечного микробиома, негативно влияя на содержание ряда полезных микроорганизмов. В частности, под воздействием глифосата было существенно снижено количество представителей таксонов *Lactobacillus*, *Firmicutes* и повышено содержание *Actinobacteria*. Кроме того, была выявлена прямая положительная связь между скормливанием глифосата и количеством патогена *Enterococcus cecorum* [4].

Большинство негативных последствий влияния глифосата на животных связано с подавлением роста, нарушениями работы желудочно-кишечного тракта (вздутие кишечника, уплотнение слепых отростков, увеличение вязко-

сти химуса), нарушением работы печени (повышенное содержание щелочной фосфатазы, ожирение печени) [10].

### Уровни глифосата в кормовом сырье и комбикормах для птицы

В нашем исследовании было проверено 28 образцов комбикорма для разных возрастных групп птицы и 32 образца растительного сырья для изготовления комбикормов. Образцы в лабораторию ООО «БИОТРОФ» поступали из разных регионов Европейской части России. Для определения содержания глифосата в образцах был использован метод прямого конкурентного иммуоферментного анализа, основанного на распознавании глифосата поликлональными антителами (рис. 1).

В 21 исследованных образце сырья для производства комбикормов из 32 достоверно зафиксировано присутствие глифосата в различных количествах. В 5 образцах (16% образцов) обнаружено превышение нормы глифосата в 1,3-1,8 раза.

В 27 исследованных образцах комбикормов для птицы из 28 достоверно зафиксировано наличие глифосата. В 7 образцах (25% образцов) обнаружено превышение нормы по глифосатам в 1,1-1,7 раза.

Отметим, что тенденция к увеличению концентрации глифосата в комбикормах по сравнению с кормовым сырьем может быть объяснена регионом, из которого поступила проба. Большая часть образцов сырья поступила из центральных и южных регионов России, где выращивается подсолнечник и соя. При этом большая часть образцов комбикормов поступила из центральных и северо-западных регионов, где высока вероятность использования импортной ГМ-сои, накапливающей большие количества гербицида.

Что касается комбикормов для бройлеров, то мы отметили тен-

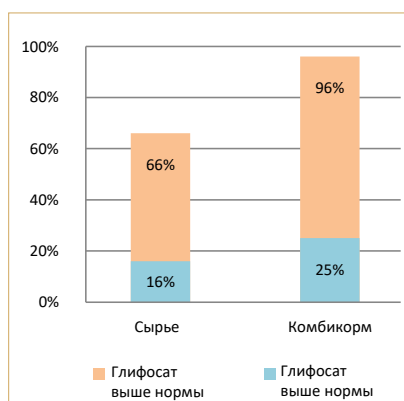


Рисунок 1. Содержание глифосата в исследованных образцах кормов

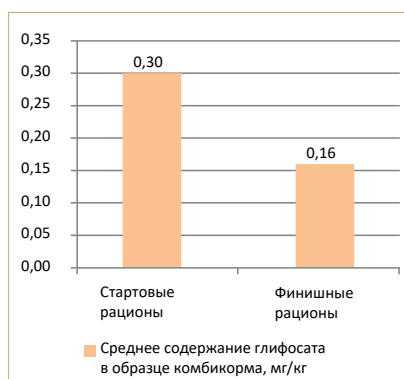


Рисунок 2. Среднее содержание глифосата в комбикормах для бройлеров

денцию к увеличению среднего содержания глифосата в стартовых рационах (рис. 2). Вероятно, это связано с тем, что в стартовых рационах выше доля белковых компонентов, и выше вероятность включения в рецепт импортной сои. Было показано, что значительное влияние глифосат оказывает именно на растущие организмы, так как они больше подвержены стрессам и воздействию ксенобиотиков [4].

### Биотрансформация глифосата

Глифосат является ксенобиотиком, т.е. веществом чужеродного происхождения для организма человека и птицы. В живом организме ксенобиотики подвергаются биотрансформации разными видами ферментов, для того чтобы быть выведенными из организма в виде метаболитов.

Применение пробиотиков позволяет элиминировать влияние стресс-факторов и ксенобиотиков.

Нами был проведен эксперимент по инкубированию бактериальных клеток в питательной среде с добавкой глифосата в концентрации 0,1 мг/кг. Результаты биотрансформации глифосата в инкубируемой среде в присутствии *Bacillus megaterium* представлены на рис. 3, где начальная концентрация принята за 100%, а концентрация глифосата после инкубирования снизилась на 69% и составила 31% от первоначальной.

Механизм действия *B. megaterium* в составе Профорта, обеспечивающий биодеструкцию глифосата, удалось расшифровать благодаря применению новаторского метода полногеномного секвенирования. Такой анализ позволяет на молекулярном уровне эффективно оценить весь спектр свойств и возможностей пробиотических бактерий. Проведенный филогенетический анализ штамма в составе пробиотика Профорт выявил уникальность метаболических возможностей *B. megaterium* по сравнению с аналогичными видами бактерий. Оказалось, что у данного микроорганизма имеются ферментные комплексы, включающие ряд дегидрогеназ и трансфераз, таких, как фосфатдегидрогеназа, фосфорибозилтрансфераза и др. Они способны осуществлять биодеструкцию ксенобиотиков до безопасных соединений, в то время как у большинства других родственных бактерий эти ферменты не представлены. Первым этапом в микробной деградации глифосата является расщепление углерод-фосфорной связи, приводящее к высвобождению саркозина и фосфатной группы. Фосфатная группа используется в качестве источника фосфора, а саркозин разлагается до глицина и других соединений. Ранее было показано, что *B. megaterium* использует глифосат и его метабо-





литы в качестве источника фосфора [11].

В заключение отметим, что мы не наблюдаем тенденций к сокращению применения гербицидов в растениеводстве. В текущих условиях доля ГМ-сои с повышенным содержанием ксенобиотиков не будет уменьшаться. Негативное воздействие остаточных количеств гербицидов на здоровье и продуктивность сельскохозяйственной птицы можно минимизировать обдуманном применением пробиотиков.

### Литература

1. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов по состоянию на 25 февраля 2021 г. [Электронный

ресурс] URL: <https://mcx.gov.ru/ministry/departments/departament-rastenievodstva-mekhanizatsii-khimizatsii-i-zashchity-rasteniy/industry-information/info-gosudarstvennaya-usluga-po-gosudarstvennoy-registratsii-pestitsidov-i-agrokhimikatov/> Дата обращения 03.03.2021.

2. Heap I., Duke S.O. Overview of glyphosate-resistant weeds worldwide // *Pest Manag. Sci.* - 2018. - V. 74, No 5. - P. 1040-1049.

3. Guyton K.Z., Loomis D., Grosse Y., El Ghissassi F., Benbrahim-Tallaa L. [et al.] Carcinogenicity of tetrachlorvinphos, parathion, malathion, diazinon, and glyphosate // *Lancet Oncol.* - 2015. - V. 16, No 5. - P. 490-491.

4. Ruuskanen S., Rainio M.J., Gomez-Gallego C., Selenius O., Salminen S. [et al.] Glyphosate-based herbicides influence antioxidants, reproductive hormones and gut microbiome but not reproduction: A long-term experiment in an avian model // *Environ. Pollut.* - 2020. - V. 266, Pt. 1. - P. 115108.

5. Методические указания Роспотребнадзора МУК 4.1.1978-05 «Определение остаточных количеств глифосата в зерне и масле сои, семенах и масле подсолнечника методом высокоэффективной жидкостной хроматографии».

6. Гигиенические нормативы содержания пестицидов в объектах окружающей среды, ГН 1.2.2701-10.

7. Технический регламент Таможенного Союза ТРТС 015/2011 «О безопасности зерна».

8. Rueda-Ruzafa L., Cruz F., Roman P., Cardona D. Gut microbiota and neurological effects of glyphosate // *Neurotoxicol.* - 2019. - V. 75. - P. 1-8.

9. Shehata A.A., Schrödl W., Aldin A.A., Hafez H.M., Krüger M. The effect of glyphosate on potential pathogens and beneficial members of poultry microbiota in vitro // *Curr. Microbiol.* - 2013. - V. 66, No 4. - P. 350-358.

10. Food Safety Commission of Japan. Glyphosate // *Food safety.* - 2016. - V. 4, No 3. - P. 93-102.

11. Zhan H., Feng Y., Fan X., Chen S. Recent advances in glyphosate biodegradation // *Appl. Microbiol. Biotechnol.* - 2018. - V. 102, No 12. - P. 5033-5043.

### Для контакта с авторами:

**Тюрина Дарья Георгиевна**

**E-mail: tiurina@biotrof.ru**

**Меликиди Вероника**

**Христофоровна**

**E-mail: veronika@biotrof.ru**

**Околелова Тамара Михайловна**

**E-mail: tokolelova@vetmag.ru**

**Йылдырым**

**Елена Александровна**

**E-mail: deniz@biotrof.ru**

**Лаптев Георгий Юрьевич**

**E-mail: laptev@biotrof.ru**

**Новикова Наталья Ивановна**

**E-mail: natalia-iv-nov@rambler.ru**

**Ильина Лариса Александровна**

**E-mail: ilina@biotrof.ru**

**Биконя Светлана Николаевна**

**E-mail: svetlana@biotrof.ru**

## Glyphosate in Diets for Poultry

Tiurina D.G.<sup>1</sup>, Melikidi V.Kh.<sup>1</sup>, Okolelova T.M.<sup>2</sup>, Yyldyrym E.A.<sup>1</sup>, Laptev G.Yu.<sup>1</sup>, Novikova N.I.<sup>1</sup>, Ilyina L.A.<sup>1</sup>, Bikonya S.N.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>BIOTROF, Ltd. (Saint-Petersburg); <sup>2</sup>Research & Implementation Center "Agrovetzashchita" (Moscow)

**Summary:** Glyphosate is presently the most popular herbicide and desiccant with a wide range of activity. Its application worldwide and import of genetically modified glyphosate-resistant soybeans into Russian Federation result in the regular presence (often in the concentrations above the permissible levels) of the herbicide in feed ingredients and compound feeds. Dietary glyphosate is known to detrimentally affect the normal microbiota of the gastrointestinal tract in different species of animals and poultry. The supplementation of diets with probiotic strains capable of the biodegradation of glyphosate with their enzymatic systems alleviates the negative effects of the herbicide.

**Keywords:** herbicide, desiccant, glyphosate, poultry production, feed ingredients, compound feeds, biotransformation, probiotic.