

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛЕТОК ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ КРОВИ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ГЛИФОСАТСОДЕРЖАЩИХ ГЕРБИЦИДОВ

Каххаров Наврузбек Зиёкулович

Аннотация: В статье рассматриваются морфологические изменения клеток периферической крови, возникающие при воздействии глифосатсодержащих гербицидов. Особое внимание уделяется структурным и функциональным изменениям эритроцитов, лейкоцитов и тромбоцитов, а также возможным нарушениям гематологических показателей при токсическом воздействии. Морфологические изменения периферической крови могут отражать системную реакцию организма на токсическое воздействие и использоваться в качестве дополнительных показателей при оценке его выраженности. Изучение данных изменений имеет значение для более глубокого понимания гематотоксических эффектов глифосатсодержащих гербицидов и механизмов формирования нарушений со стороны системы крови.

Ключевые слова: глифосат, гербициды, периферическая кровь, эритроциты, лейкоциты, тромбоциты, морфологические изменения, гематотоксичность, окислительный стресс, интоксикация.

Широкое применение гербицидов в современном сельском хозяйстве значительно облегчило борьбу с сорной растительностью и позволило повысить эффективность агротехнических мероприятий. Вместе с тем интенсивное использование химических средств защиты растений сопровождается увеличением вероятности их поступления в окружающую среду и воздействия на организм человека и животных. Особое внимание среди таких веществ привлекают глифосатсодержащие гербициды, которые на протяжении многих лет применяются в различных странах и остаются объектом токсикологических и медико-биологических исследований. Воздействие гербицидов на организм не ограничивается каким-либо одним органом или системой. После поступления токсического вещества могут формироваться метаболические нарушения, изменяться состояние клеточных мембран и развиваться окислительный дисбаланс. В подобных условиях система крови представляет особый интерес, поскольку она непосредственно участвует в поддержании гомеостаза и достаточно чувствительно реагирует на изменения внутренней среды организма. Поэтому изучение периферической крови позволяет оценивать не только локальные клеточные нарушения, но и общую реакцию организма на химическое

воздействие. Эритроциты являются одной из наиболее многочисленных клеточных популяций периферической крови и выполняют ключевую роль в транспорте кислорода и углекислого газа. Изменение состояния их мембраны может сопровождаться нарушением формы, размеров и устойчивости клеток. При токсическом воздействии особое значение приобретают такие морфологические признаки, как анизоцитоз, пойкилоцитоз и появление дегенеративно изменённых форм эритроцитов. Выраженность подобных изменений может зависеть от дозы вещества, продолжительности воздействия и функционального состояния организма. Не менее важной является реакция лейкоцитарного звена. Лейкоциты участвуют в иммунной защите и воспалительных реакциях, поэтому изменение их количества и соотношения отдельных клеточных популяций может отражать развитие системного ответа на токсический фактор. Нарушения лейкоцитарной формулы, изменение морфологических характеристик отдельных клеток и признаки их функциональной перестройки представляют интерес при изучении механизмов гербицидной интоксикации. Тромбоцитарное звено также требует внимания, поскольку повреждение клеточных структур и изменение внутренней среды организма потенциально способны отражаться на процессах гемостаза. Одним из механизмов, способных участвовать в формировании клеточных повреждений при химическом воздействии, является окислительный стресс. Нарушение равновесия между образованием активных форм кислорода и антиоксидантной защитой способствует повреждению липидных компонентов клеточных мембран, белков и других внутриклеточных структур. Клетки периферической крови в силу своих функциональных особенностей могут быть чувствительны к таким процессам, а возникающие морфологические изменения способны отражать степень нарушения клеточного гомеостаза. При оценке токсичности глифосатсодержащих гербицидов важно учитывать и сложный состав коммерческих препаратов. Биологический эффект готовой гербицидной композиции не всегда определяется исключительно действующим веществом, поскольку вспомогательные компоненты препарата могут влиять на его физико-химические свойства и характер взаимодействия с биологическими структурами. Это обстоятельство делает необходимым осторожное разграничение эффектов чистого глифосата и эффектов конкретных глифосатсодержащих формуляций. Морфологическое исследование периферической крови представляет ценность благодаря возможности непосредственно оценивать состояние клеточных элементов и сопоставлять полученные данные с количественными гематологическими показателями. Комплексный подход, включающий изучение

эритроцитов, лейкоцитов и тромбоцитов, способен дать более целостное представление о характере реакции системы крови на токсическое воздействие. Воздействие глифосатсодержащих гербицидов на систему крови представляет собой сложный процесс, в котором могут одновременно участвовать токсические, метаболические и окислительные механизмы. Периферическая кровь достаточно быстро реагирует на нарушения внутренней среды организма, поэтому изменения её клеточного состава могут отражать как непосредственное повреждение клеток, так и системную адаптационную реакцию. При этом выраженность морфологических нарушений зависит от интенсивности и продолжительности воздействия, состава гербицидной формуляции и индивидуальных особенностей организма. При токсическом воздействии изменения эритроцитов могут проявляться нарушением однородности клеточной популяции. В мазках периферической крови возможно появление клеток, различающихся по размерам и форме. Анизоцитоз отражает увеличение вариабельности размеров эритроцитов, тогда как пойкилоцитоз характеризуется изменением их нормальной дисковидной формы. Появление подобных признаков свидетельствует о нарушении стабильности эритроцитарного звена, однако само по себе не является специфическим исключительно для воздействия гербицидов. Лейкоцитарная система отличается высокой реактивностью по отношению к внешним и внутренним повреждающим факторам. Токсическое воздействие способно сопровождаться изменениями общего количества лейкоцитов и соотношения отдельных клеточных популяций. Характер таких изменений не обязательно остаётся одинаковым на различных этапах воздействия, поскольку первоначальная адаптационная реакция организма может отличаться от процессов, формирующихся при более длительной интоксикации. Морфологическая оценка лейкоцитов позволяет обратить внимание не только на их количество, но и на структурные особенности клеток. Изменения цитоплазмы, ядра, характера грануляции и соотношения различных форм могут отражать функциональное напряжение клеточного звена. Вместе с тем такие признаки следует интерпретировать осторожно, поскольку сходные изменения встречаются при воспалении, инфекционных заболеваниях, метаболических нарушениях и воздействии других токсических веществ. Изучение морфологических изменений клеток периферической крови при воздействии глифосатсодержащих гербицидов имеет важное значение для понимания системной реакции организма на химические факторы. Клеточный состав крови отличается высокой чувствительностью к нарушениям внутренней среды, поэтому изменения эритроцитов, лейкоцитов и тромбоцитов могут

отражать различные стороны токсического воздействия. Наиболее значимые морфологические проявления со стороны эритроцитарного звена связаны с изменением формы, размеров и состояния клеточной мембраны. Возникновение анизоцитоза, пойкилоцитоза и других структурных отклонений может свидетельствовать о нарушении устойчивости эритроцитов и процессов поддержания клеточного гомеостаза. Изменения лейкоцитарного состава, в свою очередь, способны отражать напряжение иммунных и воспалительных механизмов, тогда как состояние тромбоцитов представляет интерес с позиции возможных изменений гемостаза. Важную роль в развитии клеточного повреждения может играть окислительный стресс. Усиленное образование активных форм кислорода и недостаточность антиоксидантной защиты создают условия для повреждения мембранных липидов, белков и других клеточных компонентов. В связи с этим морфологические изменения крови целесообразно оценивать в сочетании с гематологическими и биохимическими показателями, что позволяет получить более полное представление о характере происходящих нарушений. Морфологическое исследование периферической крови приобретает наибольшую информативность при комплексном подходе. Сопоставление микроскопической картины с количеством форменных элементов, уровнем гемоглобина, гематокритом, эритроцитарными индексами, лейкоцитарной формулой и показателями тромбоцитарного звена позволяет объективнее характеризовать изменения системы крови.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Woźniak E., Sicińska P., Michałowicz J., Woźniak K., Reszka E., Huras B., Zakrzewski J., Bukowska B. The effect of metabolites and impurities of glyphosate on human erythrocytes (in vitro) // *Pesticide Biochemistry and Physiology*. – 2014. – Vol. 109. – P. 34–43.
2. Mesnage R., Defarge N., Spiroux de Vendômois J., Séralini G. E. Potential toxic effects of glyphosate and its commercial formulations below regulatory limits // *Food and Chemical Toxicology*. – 2015. – Vol. 84. – P. 133–153.
3. Peillex C., Pelletier M. The impact and toxicity of glyphosate and glyphosate-based herbicides on health and immunity // *Journal of Immunotoxicology*. – 2020. – Vol. 17, № 1. – P. 163–174.
4. Chang V. C., Andreotti G., Ospina M., Parks C. G., Liu D., Shearer J. J., Rothman N., Silverman D. T., Sandler D. P., Hofmann J. N. Glyphosate exposure and urinary oxidative stress biomarkers in the Agricultural Health Study // *Journal of the National Cancer Institute*. – 2023. – Vol. 115, № 4. – P. 394–404.

5. Gelati de Batista D., Gelati de Batista E., Miragem A. A., Ludwig M. S., Heck T. G. Disturbance of cellular calcium homeostasis plays a pivotal role in glyphosate-based herbicide-induced oxidative stress // *Environmental Science and Pollution Research*. – 2023. – Vol. 30, № 4. – P. 9082–9102.
6. Vanlaeys A., Dubuisson F., Séralini G. E., Travert C. Formulants of glyphosate-based herbicides have more deleterious impact than glyphosate on TM4 Sertoli cells // *Toxicology in Vitro*. – 2018. – Vol. 52. – P. 14–22.
7. Mink P. J., Mandel J. S., Lundin J. I., Scurman B. K. Epidemiologic studies of glyphosate and non-cancer health outcomes: A review // *Regulatory Toxicology and Pharmacology*. – 2011. – Vol. 61, № 2. – P. 172–184.