



# Тваринництво, ветеринарна медицина

УДК 633.34:633.65:636.086:636.4  
© 2015

*М.Ф. Кулик,*

*член-кореспондент НААН,  
доктор сільськогосподарських наук*

*Я.М. Кулик,*

*кандидат медичних наук*

*Ю.В. Обертюх,*

*О.В. Хіміч,*

*О.К. Стасюк,*

*І.О. Виговська,*

*Т.В. Лілік,*

*кандидати*

*сільськогосподарських наук*

*Інститут кормів та сільськогосподарського  
господарства Поділля НААН*

## **ДО ПИТАННЯ ВПЛИВУ ГЕНЕТИЧНО МОДИФІКОВАНОЇ СОЇ НА ЖИВІ ОРГАНІЗМИ**

**Мета.** Виявити механізм впливу водної витяжки генетично модифікованої (ГМ) і не ГМ сої на ріст гороху в польових і лабораторних умовах, вплив гліфосату на ріст проростків і корінців бобів ГМ сої. **Методи.** Водну витяжку сої одержували в процесі кип'ятіння 200 г бобів у 3 л дистильованої води упродовж 1 год. **Результати.** Після обприскування гороху водною витяжкою ГМ сої істотно зменшувалися висота стебла, довжина корінця, кількість бобів і маса 1000 зернин. Дослідження на порослятах тривали в I, II і III поколіннях. **Висновки.** В основі механізму дії ГМ сої є наявність у бобах біологічно активних токсичних сполук, яких немає в не ГМ сої.

**Ключові слова:** генетично модифікована соя, водна витяжка сої, проростки зерна, чашки Петрі, гліфосат, порослята.

Генетично модифікована (ГМ) соя є високобілковою культурою, але про її використання в продуктах харчування для дітей і молоді дискутують у багатьох країнах світу. І ці дискусії тривають, незважаючи на те, що в дослідках на лабораторних тваринах (мишах, щурах, хом'яках) за згодовування їм різних ГМ культур як кормів у складі раціону виявлено патологічні зміни в печінці, підшлунковій і щитоподібній залозах, селезінці та сім'яниках [9, 11, 14, 15]. Водночас установлено порушення репродуктивних функцій у щурів, зміни гормонального балансу і безпліддя в наступних поколіннях [1–5]. Споживання ГМ гороху призводить до змін в імунній системі та запалення легень у мишей [13]. Прихильники ГМ організмів стверджують, що чужорідні генетичні вставки конкретно в ГМ сої зазнають ферментативного розщеплення в травному тракті тварин і людей, а тому її можна використовувати як продукт харчування.

У проведених нами дослідках на свинях, у яких тип процесів травлення близький до людського, було встановлено, що довготривале згодовування порослятам із раннього віку трансгенної сої негативно вплинуло на їхню репродуктивну здатність і мало токсичну дію на їхню печінку та нирки ще неідентифікованих сполук ГМ сої і залишку гліфосату в ній [7].

До розкриття токсичної дії на печінку і нирки свиней неідентифікованих сполук ГМ сої спонукали проведені нами дослідження впливу водної витяжки ГМ сої порівняно з такою самою витяжкою не ГМ сої на схожість, наклювання і проростання зерна пшениці, тритикале і жита. Установлено, що водна витяжка з ГМ сої порівняно із не ГМ соєю не впливає на зазначені критерії оцінки зерна, проростання якого було на рівні 90–94%, як і на дистильованій воді, але надалі ГМ соя різко в 1,9–2,5 рази пригнічувала інтенсивність лінійного росту

проростків порівняно до не ГМ сої [6].

Для одержання водної витяжки ГМ і не ГМ сої відважували по 25 г бобів обох варіантів і засипали в термостійкі скляні стакани, потім додавали по 300 мл дистильованої води, нагрівали до кипіння і кип'ятили 30 хв.

Мета — інактивація уреаз, антитрипсину, антихімотрипсину та інших антипоживних і біологічно активних речовин. Після кип'ятіння відвар фільтрували крізь нейлонову тканину і таким чином одержували водну витяжку ГМ і не ГМ сої [6].

У розкритті інгібувальної дії неідентифікованих сполук у водній витяжці ГМ сої ми виходили з того, що в розчин у процесі нагрівання переходили водорозчинні білки бобів, які під час кип'ятіння денатуруються. Переходять також ізофлавоїди, глікозиди, фенольні кислоти, але ж ці кислоти корисні для нирок тварин, оскільки запобігають окиснювальному стресу [8, 12]. За даними G.-E. Sèralini та ін. [10], загальний хімічний склад зерна ГМ кукурудзи не може бути визначений у деталях, оскільки використання істотної еквівалентності недостатньо, щоб виділити потенційні невідомі токсини. Так, у крові людей виявлено наявність токсину ГМ баклажаних, продаж яких заборонено. Баклажани містили токсин, одержаний із ґрунтової бактерії *Bacillus thugiensis* (Bt). Дослідження проведено в університеті Шербрука (Канада) [7].

У бобах ГМ сої є ген бактерії *Agrobacterium tumefaciens*, яка може синтезувати власні білкові та низькомолекулярні токсичні сполуки, чужорідні для не ГМ сої. У водній розчині із бобів ГМ сої переходять залишки гліфосату і низькомолекулярні токсичні сполуки, які не руйнуються під впливом високої температури в процесі кип'ятіння.

**Мета досліджень** — вивчення неідентифікованих сполук у водній витяжці з бобів ГМ і не ГМ сої та проведення досліджень у польових і лабораторних умовах.

**Матеріал і методи досліджень.** У польових умовах був посіяний горох. Після одержання дружних сходів ділянку посіву розділили на 3 однакові ділянки площею по 1 м<sup>2</sup>: на 1-й ділянці листову поверхню гороху обприскували дистильованою водою, на 2-й — водною витяжкою не ГМ сої, на 3-й — такою самою витяжкою ГМ сої. Обприскування проводили через день до повного формування бобів. Водну витяжку сої готували на кожну ділянку за наведеною вище методикою з деякими змінами. Наважки сої брали по 200 г і додавали 3 л дистильованої води. Кипіння тривало 1 год.

Під час обприскування дистильованою водою і водною витяжкою сої обох варіантів значна частина води і витяжки потрапляла на землю. Після дозрівання гороху з кожної ділянки було відібрано по 10 рослин, характерних для кожного варіанта. Рослини підкопували, щоб не пошкодити корінь. Після цього вимірювали висоту стебла, довжину корінця, кількість бобів, зокрема великих і малих. Визначали масу зернин від 10 рослин і масу 1000 зернин.

Визначено вплив обприскування дистильованою водою і водною витяжкою сої обох варіантів (табл. 1).

Про переконливість інгібувальної, тобто токсичної дії водної витяжки ГМ сої на лінійний ріст, формування зерна гороху порівняно до контрольного варіанта і аналогічної витяжки не ГМ сої свідчать дані, наведені в табл. 1. Не розкрито інгібувальну дію водної витяжки ГМ сої на корінь гороху, оскільки обприскування листової поверхні має більшою мірою впливати на ріст стебла і формування зерна. Одержані дані дають підставу для ствердження токсичної дії залишків і метаболітів розпаду гліфосату в зерні ГМ сої. Для визначення цього проведено лабораторні дослідження із зерном ГМ сої. Зокрема, в чашках Петрі одержано проростки на дистильованій воді. У кожній чашці було по 50 однакових зернин. Після сформування проростків у 1-шу чашку залито доверху дистильовану воду, в 2-гу також доверху 2%-й розчин раундапу і в 3-тю — 4%-й розчин раундапу. Вода і розчини раундапу були в чашках 2 год, потім їх злили і чашки знову накрили кришками. Ріст паростків у кімнатних умовах тривав протягом 6–8 діб. Після цього виміряли довжину проростків і корінців (табл. 2).

Аналіз одержаних даних свідчить про те, що ГМ соя адаптована до 2%-го розчину раундапу, який є робочим і вноситься на її посіви в умовах виробництва. Цим розчином обприскують листову поверхню і його певна частина крізь ґрунт надходить до кореневої системи, яка не реагує на адаптовану концентрацію гліфосату, тоді як 4%-й його розчин пригнічує ріст корінця сої в умовах *in vitro* (див. табл. 2). Такого розчину гліфосату не ГМ соя не витримує — її проростки жовтіють і ріст припиняється. Зіставлення цих даних дало нам підставу оцінювати ГМ сою в продуктах харчування за іншими критеріями.

Визначали енергію росту зерна ГМ і не ГМ сої. Дно чашок Петрі вистеляли подвійним паперовим фільтром і поміщали по 50 зернин ГМ і не ГМ сої та додавали дистильовану

**1. Горох з обприскуванням дистильованою водою, водною витяжкою ГМ і не ГМ сої (09.07.2013 р. — збирання)**

Показник	Висота стебла, мм	Довжина корінця, мм	Кількість бобів, шт.			Маса 1000 зернин, г
			загальна	зокрема		
				великих	малих	
Обприскування: дистильованою водою (контроль)	77,7±2,2	12,2±0,7	5,2±0,6	3,9±0,4	1,3±0,5	275,0
водною витяжкою не ГМ сої	67,9±1,3	7,3±0,6	3,9±0,4	2,8±0,5	1,1±0,4	267,5
водною витяжкою ГМ сої	55,5±1,9	5,4±0,2	2,6±0,2	1,2±0,3	1,4±0,3	230,0
P1 <	0,001	0,001	0,001	0,001		
P2 <	0,001	0,01	0,05	0,05		

воду до повного покриття зерна. Чашки накривали і залишали на 4 год для рівномірного набубнявіння бобів сої. Після цього з чашок зливали воду, накривали знову кришками та залишали на 6–8 діб за кімнатної температури для визначення кінцевого результату інтенсивності росту проростків.

**Результати досліджень.** Енергія росту проростків ГМ сої порівняно з не ГМ соєю була дуже високою. Це дало нам підставу вважати ГМ сою умовно «гібридною культурою». Адже відомо, що гібридна кукурудза забезпечує на 20–30% вищу врожайність зерна. Генетично модифікована соя поєднує в собі генетичну основу власне сої як головного носія спадковості та гени ґрунтової бактерії *A. tumefaciens*. Таке поєднання підсилює синтез як власного білка сої, так і чужорідного для неї. Водночас підсилюється синтез токсичних сполук або їх метаболітів генами *A. tumefaciens*. Цим можна пояснити зменшення довжини стебел і корінців рослин гороху під впливом водної витяжки ГМ сої (захисна функція рослини).

**2. Вплив гліфосату порівняно до дистильованої води на лінійний ріст проростків і корінців ГМ сої в чашках Петрі (середні дані)**

Показник	Довжина, см	
	проростків	корінця
Дистильована вода (схожість — 96%, кількість зерен — 50)	7,64	4,03
Обробка розчином гліфосату:		
2%-м	5,39	4,12
4%-м	5,06	3,50

Згодовування порослям із 2-місячного віку ГМ сої в складі раціону негативно вплинуло на репродуктивну здатність молодяку свиней I–III поколінь [7].

Проведені нами дослідження реакції проростків зерна злаків і гороху як культури у польових умовах на водну витяжку ГМ і не ГМ сої свідчать про наявність у ГМ сої нерозкритих чинників негативного впливу. Такі дослідження не є дуже матеріально затратними, тому можуть бути проведені за аналогічною схемою або з відповідними змінами в будь-якій біологічній лабораторії. Водночас ГМ сою доцільно умовно зарахувати до «гібридної культури», яка поєднує в собі генетичну основу власне сої (як головного носія спадковості) та гени ґрунтової бактерії *A. tumefaciens*.

Підсумком досліджень G.-E. Sèralini та ін. є висновок, що споживання гліфосату у воді вище дозволених меж може призвести до патологічних змін у печінці та нирках лабораторних тварин [10]. Порушення біосинтезу, які можуть виникнути через надмірну експресію трансгена *EPSPS* у кукурудзі *GM NK603*, можуть призвести до порівняльних патологій, пов'язаних з аномальними або незбалансованими фенольними кислотами метаболітів або споріднених сполук. Інші мутагенні та метаболічні чинники харчових генетично модифікованих організмів (ГМО) не можуть бути видалені. Це предмет майбутніх досліджень, зокрема визначення наявності гліфосату в тканинах щурів. Репродуктивні і спадкові дослідження також додають нову проникливість у ці проблеми. G.-E. Sèralini та ін. вважають, що сільськогосподарські харчові ГМО і нові пестициди потрібно оцінювати дуже ретельно у довгострокових дослідженнях

для визначення їх потенційних токсичних ефектів [10].

Проведені нами лабораторні та польові дослідження і довготривалі досліді на молодяку свиней упродовж I, II і III поколінь дають підставу зробити висновок, що в основі механізму впливу ГМ сої на рослини, організм тварин і опосередковано людей — наявність у зерні ГМ сої високоактивних токсичних сполук, синтезованих генами ґрунтової бактерії *A. tumefaciens*.

Залишки гліфосату і його метаболітів у бобах сої можуть мати також токсичну дію.

ГМ соя за нашими дослідженнями умовно належить до «гібридних» культур із високою біологічною активністю генетичної основи бактерії *A. tumefaciens*, тому біологічно активні сполуки або метаболіти часткового чи повного синтезу цих бактерій або їм подібних не повинні міститися у продуктах харчування для людей.

## Висновки

*В основі механізму дії ГМ сої на рослини, організм тварин і опосередковано людей є наявність у її бобах біологічно активних токсичних сполук, синтезованих геном ґрунтової бактерії A. tumefaciens, і залишки та метаболіти розпаду гліфосату. ГМ сою потрібно умовно зберегти до гібридних культур із*

*високою біологічною активністю генетичної основи бактерії A. tumefaciens, тому біологічно активні сполуки або метаболіти часткового чи повного синтезу цих бактерій або їм подібних, а також залишки і метаболіти гліфосату не повинні міститися в продуктах харчування для дітей і молоді.*

## Бібліографія

1. Ермакова И.В. Влияние сои с геном EPSPS CP4 на физиологическое состояние и репродуктивные функции крыс в первых двух поколениях/И.В. Ермакова/Современные проблемы науки и образования. — 2009. — № 5. — С. 15–21.
2. Ермакова И.В. Генетически модифицированная соя приводит к снижению веса и увеличению смертности крысят первого поколения. Предварительные исследования/И.В. Ермакова/Экоинформ. — 2006. — № 1. — С. 3–6.
3. Ермакова И.В. Изучение физиологических и морфологических параметров у крыс и их потомства при использовании диеты, содержащей сою с трансгеном EPSPS CP4/И.В. Ермакова, И.В. Барсков/Там само. — 2008. — № 6. — С. 19–20.
4. Малыгин А.Г. Влияние соевой диеты на репродуктивные функции мышей/А.Г. Малыгин/Там само. — 2008. — № 6. — С. 23.
5. Малыгин А.Г. Соевая диета подавляет репродуктивные функции грызунов/А.Г. Малыгин, И.В. Ермакова/Там само. — 2008. — № 6. — С. 26.
6. Пригнічення росту проростків зерна пшениці, тритикале і жита під впливом водної витяжки раундапостійкої ГМ сої порівняно з не ГМ соєю/М.Ф. Кулик, О.В. Корнійчук, В.Д. Бугайов та ін.//Вісн. аграр. науки. — 2013. — № 6. — С. 21–24.
7. Репродуктивна здатність та фізіологічний стан печінки і нирок свиней за довготривалого згодовування раундапостійкої ГМ сої/М.Ф. Кулик, Я.М. Кулик, О.В. Корнійчук та ін.//Вісн. аграр. науки. — 2013. — Спеціальний випуск, вересень. — С. 88–92.
8. Ferulic acid, a natural protector against carbon

tetrachloride-induced toxicity/M. Srinivasan, R. Rukamani, A. Ram Sudheer, V.P. Menon/Fundam. Clin. Pharmacol. — 2005. — 19. — P. 491–496.

9. Fine structural analyses of pancreatic acinar cell nuclei from mice fed on GM soybean/ M. Malatesta, M. Biggiogera, E. Manuali et al.//Eur. J. Histochem. — 47. — 2003. — P. 385–388.

10. Long term toxicity of a Roundup herbicide and a Roundup-tolerant genetically modified maize. Food Chem. Toxicol/G.-E. Séralini, E. Clair, R. Mesnage et al. — 2012. — 50(11). — P. 4221–4231.

11. Puszta A. Report of project coordinator on data produced at the Rowett Research Institute. SOAEFD flexible Food Project Ro 818/A. Puszta. — 22 October, 1998.

12. Rehman M. Attenuation of oxidative stress, inflammation and early markers of tumor promotion by caffeic acid in Fe-NTA exposed kidneys of Wistar rats/M. Rehman, S. Sultana/Mol. Cell. Biochem. — 2011. — 357. — P. 115–124.

13. Transgenic expression of bean alpha-amylase in peas results in altered structure and immunogenicity/V.E. Prescott, P.M. Campbell, A. Moore et al.//Journal of Agricultural and Food Chemistry. — 53. — 2005. — P. 9023–9030.

14. Ultrastructural analysis of testes from mice fed on genetically modified soybean/L. Vecchio, B. Cisterna, M. Malatesta et al.//Eur. J. Histochem. — 2003. — 48. — P. 449–453.

15. Ultrastructural, morphometrical and immunocytochemical analysis of hepatocyte nuclei from mice fed on genetically modified soybean/M. Malatesta, C. Caporalony, S. Gavaudan et al.//Cell Struct. Funct. — 27. — 2002. — P. 173–180.

Надійшла 13.06.2014.