

УДК: 57.083:604.6:633.34

ФІЗІОЛОГІЧНИЙ ВПЛИВ БОБІВ СОЇ НАТИВНОГО ТА ТРАНСГЕННОГО СОРТІВ НА ОРГАНІЗМ САМОК ЩУРІВ ТРЕТЬОГО ПОКОЛІННЯ

О. П. Долайчук, Р. С. Федорук, І. І. Ковальчук, М. І. Храбко
inenbiol@mail.lviv.ua

Інститут біології тварин НААН, лабораторія екологічної фізіології та якості продукції, Україна, вул. В. Стуса, 38, м. Львів, 79034

У результаті значного прогресу у біотехнології, в останні роки все більше сільськогосподарських культур і сировини, отриманої з генетично модифікованих організмів, у тому числі сої, входять до складу кормів і продуктів харчування. Незважаючи на тривале використання ГМО у цих галузях, його вплив на організм тварин є неоднозначним і недостатньо вивченим, особливо у динаміці поколінь, що й обумовило вибір напрямку наших досліджень. У статті наведені результати досліджень фізіологічного стану самок щурів третього покоління за умов згодовування їм та їхнім матерям нативної та трансгенної сої у кількості 30 % за поживністю раціону. Вплив сої проявлявся підвищенням у крові рівня досліджуваних глікопротеїнових та імунобіологічних показників, що свідчить про активацію імунної системи і може бути пов'язано з аліментарним складом бобів сої та наявністю в них біологічно активних речовин з імуностимулюючою дією. Результати визначення фракції фенолів у

тканинах щурів свідчать про напруження дезінтоксикаційних процесів в організмі тварин дослідних груп. Встановлена вища трансаміназна активність тканин серця та печінки зі зниженням її активності у крові, що може свідчити про позитивний вплив сої на клітини печінки, зокрема на цілісність мембран і вищу інтенсивність білкового обміну у тварин дослідних груп. Узагальнений аналіз одержаних результатів досліджень, проведених на самицях щурів, дає підстави зробити висновок про відсутність вираженого негативного чи позитивного впливу ГМ компонентів сої на їх фізіологічний стан порівняно з тваринами, яким згодовували натуральну сою.

Ключові слова: ГЛІКОПРОТЕЇНИ; ЦИРКУЛЮЮЧІ ІМУННІ КОМПЛЕКСИ; МОЛЕКУЛИ СЕРЕДНЬОЇ МАСИ; АМІНОТРАНСФЕРАЗНА АКТИВНІСТЬ; СОЯ

PHYSIOLOGICAL EFFECTS OF SOYBEANS NATIVE AND TRANSGENIC VARIETIES ON THE BODY OF THE THIRD GENERATION FEMALE RATS

O. P. Dolaychuk, R. S. Fedoruk, I. I. Kovalchuk, M. I. Khrabko
inenbiol@mail.lviv.ua

Institute of Animal Biology NAAS, Laboratory of ecological physiology and quality of productions, Ukraine, V. Stus str., 38, Lviv, 79034

As a result of considerable progress in biotechnology in recent years more crops and raw materials obtained from genetically modified organisms, including soybeans, are part of the feed and food. In spite of long use of GMOs in these areas, their impact on animal organisms is controversial and understudied, especially in dynamic generations, that caused choice the

direction of our research. In this article provided the results of studies of the physiological state of the third-generation female rats, under conditions of feeding them and their mothers conventional and genetically modified soybeans in an amount of 30 % of the nutritional value of the ration. We investigated that effect of soy manifested an increase in blood levels of the investigated

glycoprotein and immunological parameters. This indicating the activation of immune system and could be caused by nutritional composition of soybean and the presence in it of biologically active compounds with the immunostimulatory effects. The results of determination of phenols fractions indicate us about tension of detoxification processes in the animal's organisms of research groups. The installed higher transaminase activity of heart and liver tissue with a decrease its activity in the blood that may indicate a positive effect of soybeans on liver cells, including membrane integrity and the highest intensity of protein metabolism in the

animal's organisms of research groups. A generalized analysis of the results of research conducted on female rats leads to the conclusion that there is no definite negative or positive impact of GM soy components on their physiological state compared with animals fed native soybeans.

Keywords: GLYCOPROTEINS;
CIRCULATING IMMUNE COMPLEXES;
MOLECULES OF AVERAGE WEIGHT;
AMINOTRANSFERASE ACTIVITY;
SOYBEANS

ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ ВЛИЯНИЕ БОБОВ СОИ НАТИВНОГО И ТРАНСГЕННОГО СОРТОВ НА ОРГАНИЗМ САМОК КРЫС ТРЕТЬЕГО ПОКОЛЕНИЯ

О. П. Долайчук, Р. С. Федорук, И. И. Ковальчук, М. И. Храбко
inenbiol@mail.lviv.ua

Институт биологии животных НААН, лаборатория экологической физиологии и качества продукции, Украина, ул. В. Стуса, 38, г. Львов, 79034

В результате значительного прогресса в биотехнологии, в последние годы все больше сельскохозяйственных культур и сырья, полученного из генетически модифицированных организмов, в том числе сои, входит в состав кормов и продуктов питания. Несмотря на длительное использование ГМО в этих областях, его влияние на организм животных является неоднозначным и недостаточно изученным, особенно в динамике поколений, что и обусловило выбор направления наших исследований. В статье приведены результаты исследований физиологического состояния самок крыс третьего поколения в условиях скармливания им и их матерям нативной и трансгенной сои в количестве 30 % по питательности рациона. Влияние сои проявлялся повышением в крови уровня исследуемых гликопротеиновых и иммунобиологических показателей, что свидетельствует об активации иммунной системы и может быть связано с алиментарным составом бобов сои и наличием в них биологически активных веществ с иммуностимулирующим действием. Результаты определения фракций фенолов в тканях крыс свидетельствуют о напряжении дезинтоксикационных процессов в организме животных опытных групп. Установленная

высшая трансаминазная активность тканей сердца и печени со снижением ее активности в крови, что может свидетельствовать о положительном влиянии сои на клетки печени, в частности на целостность мембран и высшую интенсивность белкового обмена у животных II и III опытных групп. Обобщенный анализ полученных результатов исследований, проведенных на самках крыс, позволяет сделать вывод об отсутствии выраженного отрицательного или положительного влияния ГМ-компонентов сои на их физиологическое состояние по сравнению с животными, которым скармливали традиционную сою.

Ключевые слова:
ГЛИКОПРОТЕИНЫ;
ЦИРКУЛИРУЮЩИЕ ИММУННЫЕ
КОМПЛЕКСЫ; МОЛЕКУЛЫ СРЕДНЕЙ
МАССЫ; АМИНОТРАНСФЕРАЗНАЯ
АКТИВНОСТЬ; СОЯ

Соя, крім поживних компонентів, є також джерелом фітохімічних речовин, дія яких на організм ссавців активно вивчається в останні десятиліття. Практично всі біологічно активні речовини характеризуються як негативним, так і

позитивним впливом на організм людини та тварин, зокрема на їх імунобіологічний статус. До них відносяться: фітоестрогени, інгібітори протеаз, фітати, сапоніни, фітостероли та ін. Судинозміцнююча, спазмолітична, протизапальна, протиалергічна, антиоксидантна, антивірусна, протимікробна, гепатопротекторна, протипухлинна дія флавоноїдів обумовлює широкий спектр їх фармакологічної активності [1–4]. Інгібіторам протеаз притаманні антивірусні, антимікробні, фунгіцидні, естрогенні властивості, вони характеризуються протизапальною дією, захищають організм від руйнівного впливу іонізуючої радіації та вільних радикалів [5, 6]. Фітати збільшують активність природних кілерів, зміцнюють імунну систему, а фітинова кислота і залишкова кількість інгібіторів протеаз сприяють зв'язуванню і виведенню з організму радіонуклідів, іонів важких металів, токсинів. Сапоніни, як і фітати, є антиоксидантами та беруть участь у знешкодженні вільних радикалів. Небажаний побічний вплив цих речовин усувається на 80-90% їх інактивацією при дії високої температури в процесі обробки соєвих продуктів, а невелика залишкова кількість володіє позитивним ефектом. Однак дослідження, результати яких вказують на імуностимулюючий вплив біологічно активних речовин сої, проведені, в основному, з вивченням їх дії на організм при клінічних проявах різних захворювань (карцинома, цукровий діабет та ін.). Тоді як їх вплив на імунобіологічний статус організму здорових тварин досліджений не достатньо. Враховуючи важливе значення глікопротеїнових комплексів у формуванні імунобіологічного статусу організму, у дослідженні фізіологічних механізмів його прояву важливим є, поряд з оцінкою функціонального стану імунної системи, визначення і глікопротеїнових показників. Оскільки вміст сіалових кислот, фукози, сероглікоїдів, гексоз, зв'язаних з білками, гаптоглобіну та церулоплазмину в крові

тварин може виражати імунобіологічну реакцію організму на дію антипоживних і шкідливих речовин і виявляти певні залежності з іншими показниками імунного захисту.

Матеріали і методи

Для досліджень використовували сою генетично модифікованого сорту лінії GTS 40-3-2 ("MonsantoCanadaInc."), яка становить 2/3 від загальної площі посівів трансгенної сої [7]. Лінія сої GTS 40-3-2 стійка до дії гербіцидів, що містять гліфосат завдяки вставці гліфосат-стійкої форми гену, ферменту 5-enolpyruvylshikimat-3-phosphate synthase (EPSPS). Гліфосат-стійка форма гену EPSPS була виділена з штаму CP4 бактерії *Agrobacteriumtumifaciens* і за допомогою біолістичного методу введена в геном лінії сої A5403 [8].

Також у наших дослідженнях було використано сою сорту Чернівецька 9, яка не була генетично модифікованою. За літературними даними соя сорту Чернівецька 9 за хімічним, амінокислотним і жирнокислотним складом композиційно еквівалентна генетично модифікованому гліфосат-стійкому сорту сої лінії GTS 40-3-2. Виявлені за окремими показниками різниці знаходяться у межах біологічної норми [9].

Дослідження проведені у віварії Інституту біології тварин НААН на 3-ох групах самок білих щурів третього покоління. Самки (F3) формувались у групи у віці двох місяців (після відлучення) з приплоду відповідних груп батьківського покоління. I (контрольна) група формувалась із самок щурів третього покоління, з приплоду щурів цієї ж групи попередніх поколінь (F0, F1, F2) та залишалась на тому ж раціоні, що включав стандартний гранульований комбікорм із заміною 30 % його поживності насінням натурального соняшника. Тварини II та III дослідних груп залишалися на раціоні попередніх поколінь (F0, F1, F2), із заміною 30 % за його поживністю на боби нативної та трансгенної сої. Кількість сої у

раціоні щурів дослідних груп була максимально допустимою, перш за все, за вмістом жиру, частка якого для контрольної групи компенсувалася аналогічною за поживністю кількістю насіння соняшника. Перед згодовуванням соя проходила термічну обробку (сухе прожарювання) при температурі 140 °С, протягом 2 год., для знешкодження антипоживних речовин та зниження уреазної активності. Раціони всіх груп відповідали вимогам норм годівлі та прийнятим стандартам. У віці 4-ох місяців молодих самок (покоління F3) було декапітовано та проведено відбір крові для біохімічних досліджень. Евтаназію проводили під легким ефірним наркозом, без порушень норм гуманного поводження з лабораторними тваринами, з врахуванням загальноприйнятих біоетичних норм і дотримання міжнародних положень стосовно проведення експериментальних робіт [10].

У крові досліджували кількість еритроцитів і лейкоцитів, концентрацію гемоглобіну, загального білка, вміст фукози, гексоз, зв'язаних з білками, сероглікоїдів, сіалових кислот, церулоплазміну, гаптоглобіну, молекул середньої маси [11] та циркулюючих імунних комплексів [12]. Також визначали аланін- та аспартаттрансаминазну активність крові, тканин серця і печінки. У тканинах м'язів, нирок і печінки визначали вміст фракцій фенолів для вивчення перебігу дезінтоксикаційних процесів [11]. Цифрові дані опрацьовані статистично з використанням t критерію Стьюдента та комп'ютерної програми Excel.

Результати й обговорення

Глікопротеїни приймають участь у більшості фізіологічних реакцій і метаболічних процесів організму людини і тварин. Порушення обміну глікопротеїнів спричиняє складні зміни функцій на клітинному, тканинному та системному рівнях. З іншого боку, функціональні зміни окремих систем організму впливають на компонентний склад і вміст глікопротеїнів

у крові та тканинах, що має загальнобіологічне значення [13, 14]. Як видно з даних таблиці 1, у крові самок, за згодовування бобів сої нативного та трансгенного сортів, вірогідно зростає рівень глікопротеїнів та їх вуглеводних компонентів порівняно до контролю, окрім сероглікоїдів, вміст яких був вищим лише для самок щурів III групи. Концентрація гексоз, зв'язаних з білками у крові тварин обох дослідних груп підвищувалася на 28,6 %, порівняно до такої у крові тварин контрольної групи. Вміст фукози та сіалових кислот зростає на 10,6 і 9,5 % у крові щурів, яким згодовували боби нативної сої, та на 12,4 і 10,5 % у крові самок, до раціону яких входила ГМ-соя. Більш вираженим був вплив трансгенної сої і на рівень сероглікоїдів, який вірогідно зростає лише у крові щурів III групи (30,8 %), тоді як для тварин, яким згодовували нативну сою спостерігалася тенденція до їх вищого вмісту порівняно до контролю. За результатами проведених досліджень показано, що серед глікопротеїнових показників, концентрація гаптоглобіну та церулоплазміну була найбільш чутливою до введення бобів сої у раціон щурів. Зокрема, вміст гаптоглобіну зростає в 1,2 та 1,3 рази для самок щурів, яким згодовували боби нативної та трансгенної сої відповідно, а церулоплазміну у 1,3 рази для тварин обох дослідних груп порівняно із цими показниками для щурів контрольної групи. Глікопротеїни крові відіграють важливу роль у забезпеченні імунітету, так як до них належать більшість імунних молекул. Тому отримані результати щодо їх вищого рівня, свідчать про властивість компонентів бобів сої як нативного, так і трансгенного сортів змінювати глікопротеїновий статус організму та підвищувати імунітет у самок щурів. Про це свідчить і зростання концентрації вуглеводних компонентів глікопротеїнів, що виступають у якості сигнальних молекул імунної системи [15] та можуть впливати на імунну взаємодію щонайменше двома шляхами.

Глікопротеїнові показники крові самок щурів (F3) за згодовування бобів нативної та трансгенної сої (M±m, n=4)

Група	Гексози, зв'язані з білками, г/л	Фукоза, мг%	Сіалові кислоти, у. о.	Сероглікоїди, г/л	Гаптоглобін, г/л	Церулоплазмін, у. о.
I	1,4±0,02	11,3±0,08	98,0±1,53	0,13±0,007	2,6±0,02	252,7±0,39
II	1,8±0,07*	12,5±0,12*	107,3±2,33*	0,15±0,009	3,2±0,04***	320,3±0,85***
III	1,8±0,05**	12,7±0,25*	108,3±2,73*	0,17±0,006*	3,3±0,02***	321,3±0,30***

Примітка: у цій та наступних таблицях * — P<0,05; ** — P<0,01; *** — P<0,001 різниця статистично вірогідна порівняно з першою групою

Перш за все вони визначають конформацію молекули глікопротеїну, а іноді і її біологічну активність [16, 17]. З іншої сторони, вуглеводні ланцюги в силу своєї структурної різноманітності служать детермінантою для розпізнавання імунних молекул або клітин [18].

Отримані дані щодо вищої активності імунної системи тварин дослідних груп, яким згодовували боби сої нативного та трансгенного сортів за рівнем глікопротеїнів, підтверджуються також результатами досліджень вмісту циркулюючих імунних комплексів, молекул середньої маси та загального білка у їх крові (табл. 2). Зокрема, концентрація циркулюючих імунних комплексів була вищою у крові тварин II та III дослідних груп порівняно до цього показника у тварин контрольної групи на 26,4 та 29,1 % відповідно (табл. 2). Вміст молекул середньої маси був вищим на 14,3 % у крові тварин, до раціону яких входила нативна соя та на 20,0 % у крові тварин, яким згодовували трансгенну сою, порівняно до контролю. Зміни щодо рівня загального білка у крові тварин дослідних груп, як і зміни концентрації ЦІК та МСМ були більш вираженими для самок щурів, які поїдали боби ГМ-сої. Концентрація загального білка у крові тварин III групи вірогідно зростала на 13,0 % порівняно до контролю, зі збереженням такої тенденції для тварин II групи. Отримані дані щодо впливу згодовування сої трансгенного сорту на рівень у крові глікопротеїнів і концентрацію циркулюючих імунних комплексів, молекул середньої маси та загального білка не показали вірогідних

різниць порівняно з цими показниками крові щурів, до раціону яких входила соя традиційного сорту. Одержані результати підтверджують дані інших авторів щодо відсутності вірогідних різниць впливу згодовування ГМ сої на стан імунної системи щурів і мишей, порівняно з впливом сої традиційного сорту. Зокрема доведено відсутність різниць у структурі імунокомпетентних органів (тимуса, селезінки, мезентеріальних лімфатичних вузлів і Пееєрових бляшок) тварин, до раціону яких входила нативна і трансгенна соя та однаковий рівень у їх крові імуноглобулінів класів Е та G [19]. Також варто відмітити, що вплив сої обох сортів був більше вираженим щодо змін глікопротеїнових та імунних показників у щурів третього та четвертого покоління. Досліджені гематологічні показники самок щурів не зазнавали вірогідних змін, проте спостерігалася тенденція до вищого рівня гемоглобіну (4,6 %) у крові тварин II дослідної групи, та кількості еритроцитів (8,7 і 13,0 %) у тварин II і III груп порівняно до контролю (табл. 2). Це узгоджується також з даними літератури, що вказують на тенденцію до підвищення цих показників, зокрема для концентрації гемоглобіну у крові щурів, до раціону яких входила нативна соя. З літературних джерел відомо, що додавання до раціону щурів сої у кількості 30 % за поживністю раціону підвищує рівень гемоглобіну та еритроцитів у їх крові [19–22]. Кількість лейкоцитів у крові щурів обох дослідних груп залишалася на рівні цього показника для тварин контрольної групи.

Таблиця 2

Фізіолого-біохімічні показники крові самок щурів (F3) за умов згодкування бобів нативної та трансгенної сої (M±m, n=4)

Група	Циркуючі імунні комплекси, 3,5% опт. густ., у. о.	Молекули середньої маси, г/л	Загальний білок, г/л	Гемоглобін, г/л	Еритроцити, Т/л	Лейкоцити, Г/л
I	22,7±1,33	0,35±0,004	52,0±2,02	125,1±2,72	4,6±0,18	4,4±0,01
II	28,7±0,33*	0,40±0,011*	57,8±3,64	130,9±3,57	5,0±0,13	4,5±0,01
III	29,3±1,20*	0,42±0,008**	58,8±0,83*	126,3±3,52	5,2±0,11	4,4±0,02

Дослідження аспартатамінотрансферазної активності крові самок щурів дослідних груп показало вірогідне зниження цього показника в 1,1 раза порівняно до контролю, що було характерним для тварин, яким згодували як нативну, так і трансгенну сою (табл. 3). В той час як у тканинах серця щурів обох дослідних груп аспартатамінотрансферазна активність не зазнавала вірогідних змін, але зростала у тканинах печінки самок щурів III групи порівняно до контролю. За результатами наших досліджень більш чутливою до згодкування сої була аланінамінотрансферазна активність, яка вірогідно змінювалася як для крові, так і для тканин серця і печінки щурів

дослідних груп порівняно до контролю. Аланінамінотрансферазна активність крові тварин II і III дослідних груп знижувалася відповідно на 8,1 і 9,8 % порівняно до контролю, в той час як для тканин серця та печінки аланінамінотрансферазна активність зростала у 1,1 раза для тварин обох дослідних груп порівняно до цього показника у тварин I групи. Вища трансаміназна активність ферментів тканин серця та печінки зі зниженням їх активності у крові, може свідчити про позитивний вплив сої на клітини печінки, зокрема на цілісність мембран та вищу інтенсивність білкового обміну у тварин дослідних груп.

Таблиця 3

Трансаміназна активність крові та тканин самок щурів (F3) за умов згодкування бобів нативної та трансгенної сої (M±m, n=4)

Група	Досліджуваний матеріал		
	кров	тканина	
		серця	печінки
АсАТ, мккат/л (кг)			
I	0,76±0,01	12,3±0,10	10,1±0,11
II	0,68±0,01**	12,4±0,09	10,3±0,12
III	0,70±0,01***	12,5±0,11	10,4±0,08*
АлАТ, мккат/л (кг)			
I	0,61±0,01	10,5±0,13	12,6±0,11
II	0,56±0,01*	11,2±0,11**	13,4±0,14**
III	0,55±0,01**	11,1±0,07**	13,5±0,13**

Концентрація вільних фенолів зростала у тканинах печінки та нирок самок щурів обох дослідних груп порівняно до контролю (табл. 4). Зокрема, концентрація вільних фенолів у тканинах печінки тварин II та III груп була вищою на 4,5 і 8,4 %, а у тканинах нирок на 6,0 і 8,9 % відповідно, порівняно із цим

показником для щурів контрольної групи. З літературних джерел відомо, що у крові тварин, за згодкування багатих білком кормів зростає рівень фенолів, у зв'язку із їх утворенням із циклічних амінокислот — фенілаланіну, терозину. Ці амінокислоти в свою чергу також можуть синтезуватися з хінних кислот рослинних кормів під дією

мікроорганізмів кишківника та потім розпадатися до простих фенолів. Велика кількість вільних кислот утворюється також з полі фенольних сполук корму, у тому числі фітоестрогенів, велика кількість яких міститься у соєвих бобах. Вищий рівень у тканинах самок щурів фенолглюкуронідів та фенол сульфатів, вказує на високу інтенсивність процесів їх кон'югації в організмі. Як видно з даних таблиці 4, концентрація фенолів, зв'язаних з сірчаною кислотою зростала у тканинах печінки на 7,8 і 10,2 % та нирок на 11,7 і 19,9 % відповідно для тварин II та III дослідних груп. Дещо вищим був рівень

фенолглюкуронідів порівняно до кількості фенолсульфатів у досліджуваних тканинах щурів усіх груп, що вказує на вищу інтенсивність зв'язування фенолів саме з цією кислотою. Однак їх рівень у тканинах печінки та нирок самок щурів, яким згодували боби нативної (на 3,8 і 7,1 %) та трансгенної (8,3 і 7,8 %) сої був вищим порівняно з цим показником у контрольній групі. Ці зміни, очевидно, зумовлені високим вмістом фітоестрогенів у соєвих бобах як нативного, так і трансгенного сорту, які залишаються активними і після термічної обробки [23].

Таблиця 4

Фракції фенолів тканин самок щурів (F3) за умов згодування бобів нативної та трансгенної сої (M±m, n=4)

Група	Фракції фенолів, мкмоль/кг		
	вільні	зв'язані з сірчаною кислотою	зв'язані з глюкуроновою кислотою
<i>Тканина печінки</i>			
I	68,7±0,66	79,4±0,96	189,9±1,62
II	71,8±0,44**	85,6±1,16*	197,2±1,81**
III	74,5±1,31***	87,5±1,31**	205,7±1,15***
<i>Тканина нирок</i>			
I	64,3±0,72	68,1±1,04	167,0±1,84
II	68,2±0,43*	76,1±0,64**	179,1±1,50*
III	70,0±1,31**	81,7±1,12***	180,1±1,50**

Визначення коефіцієнтів маси внутрішніх органів самок щурів, яким згодували боби трансгенної сої, показало вірогідне їх зниження порівняно

до контролю (табл. 5). Менш вираженим був цей вплив на масометричні показники внутрішніх органів щурів II групи, проте зі збереженням чітко вираженої тенденції.

Таблиця 5

Коефіцієнти маси внутрішніх органів самок щурів при згодуванні бобів з нативної та трансгенної сої (г/кг маси тіла) (M±m, n=6)

Група	Серце	Нирки	Печінка	Селезінка
I	3,75±0,04	8,58±0,20	43,75±1,27	3,57±0,34
II	3,64±0,02	7,83±0,19*	39,46±3,56	3,24±0,19*
III	3,49±0,03*	7,24±0,13*	37,09±1,10**	3,22±0,38*

Коефіцієнти маси серця самок щурів III дослідної групи були нижчими порівняно до контролю на 6,9 %, в той час як для тварин II групи ця різниця була не вірогідна. Коефіцієнти маси нирок були нижчими порівняно з цим показником контрольної групи на 8,6 % у групі щурів, які отримували боби нативної сої, та на 15,5 % для щурів, до раціону яких входила

соєва трансгенного сорту. Більш вираженим вплив згодування генетично модифікованої сої був і на масу печінки самок щурів та був нижчим за цей показник для тварин контрольної групи на 15,2 % зі збереженням тенденції до нижчої маси цього органу для щурів II групи. Коефіцієнти маси селезінки для самок щурів II та III дослідних груп знижувалися

в 1,1 раза порівняно до контролю. Зниження коефіцієнтів маси внутрішніх органів тварин за дії вказаних аліментарних чинників було відзначено також у дослідженнях інших авторів [24–27], що вказує на неоднозначний вплив біологічно активних речовин сої на ріст і розвиток цілісного організму та його органів.

Висновки

1. Згодовування самкам щурів нативної та трансгенної сої, у кількості 30 % за поживністю раціону, призводило до зростання рівня у крові тварин дослідних груп глікопротеїнових показників, а також молекул середньої маси та циркулюючих імунних комплексів у межах фізіологічної норми.

2. Введення до раціону самок щурів (F3) бобів сої нативного та трансгенного сортів суттєво не впливало на гематологічні показники їх організму, проте зумовлювало нижчу трансаміназну активність їх крові порівняно до контролю. Тоді як аланінамінотрансферазна активність тканин серця та печінки зростала для самок щурів (F3) дослідних груп та спостерігалася тенденція до вищої аспартатамінотрансферазної активності у цих тканинах порівняно до контролю.

3. Згодовування бобів сої нативного та трансгенного сортів спричиняє напруження дезінтоксикаційних процесів у тканинах печінки та інгібування розвитку внутрішніх органів тварин II та III дослідних груп, на що вказує вищий рівень як вільних, так і кон'югованих з кислотами фенолів у печінці та нирках ізниження маси нирок, печінки, селезінки та серця порівняно до контролю.

Перспективи подальших досліджень. Доцільним є дослідження впливу згодовування бобів сої нативного і транс генного сорту тваринам з додаванням гербіциду на основі гліфосату, до якого стійка лінія сої GTS 40-3-2.

1. Tutelyan V. A., Pavlyuchkova M. S., Pogozheva A. V., Derbeneva S. A. *Primeneniye fitoestrogenov v meditsine* [The use of phytoestrogens in medicine]. *Voprosy pitannya — Nutritional issues*, 2003, no 2, pp. 48–54 (in Russian)

2. Kaprelyants L. V., Kiselev S. V., Iorgacheva Ye. G. *Izoflavony soi i perspektivy ikh terapevticheskogo primeneniya* [Soy isoflavones and the prospects for their therapeutic use]. *Voprosy pitannya — Nutritional issues*, 2003, no 4, pp. 36–41 (in Russian).

3. Gordiyenko A. D. *Gepato protekturnyy mekhanizm deystviya flavonoidov. Obzor* [Hepatoprotective mechanism of action of flavonoids. Overview]. *Farmatsiya — Pharmacy*, 1990, no 3, pp. 75–78 (in Russian).

4. Saraf A. S., Oganesyanyan E. T. *Flavonoidy — kak potentsialnyye protivovialergicheskiye soyedineniya. Obzor* [Flavonoids — as potential anti-allergic compounds. Overview]. *Khimiko-farmatsevticheskiy zhurnal — Pharmaceutical chemistry journal*, 1991, no 2, pp. 4–8 (in Russian).

5. Prokopenko L. G., Chalyy G. A. *Proteoliticheskiye fermenty I ikh ingibitory kak modulyatory immunologicheskikh reaktsiy* [Proteolytic enzymes and their inhibitors, as modulators of immune responses]. *Farmakologiya i toksikologiya — Pharmacology and Toxicology*, 1987, no 5, pp. 93–99 (in Russian).

6. Synovets A. S., Levitskiy A. P. *Ingibitory proteoliticheskikh fermentov v meditsine* [Inhibitors of proteolytic enzymes in medicine]. Kyiv, Zdorovya, 1985. 71 p. (In Russian).

7. Padgett S. R., Taylor N. B., Nida D. L., Bailey M. R., MacDonald J., Holden L. R., Fuchs R. L. The composition of glyphosate-tolerant soybean seeds is equivalent to that of conventional soybeans. *J. Nutr.*, 1996, 126 (3), pp. 702–716.

8. Patrushev M. V., Voznyak M. V. *Geneticheski modifitsirovannye istochniki: kharakteristika nekotorykh GM-liniy, ikh detektsiya* [Genetically modified sources: characteristics of some GM-lines, their detection]. *Partnery i konkurenty — Partners and Competitors*, 2004, no. 10, pp. 19–26 (in Russian).

9. Paranyak R. P., Vudmaska V. I., Paranyak M. R., Kulchytskyj V. V. *Otsinka kompotsyziyjni ekvivalentnosti henetychno modyfikovanoji (GTS 40-3-2) ta nemodyfikovanoji soji za aminokyslotnym ta*

zhyrnokyslotnym skladom [Amino and fatty acids substantial equivalence of genetically modified (gts 40-3-2) and traditional soybeans]. *Zdobutky klinichnoji i eksperymentalnoji medytsyny — Achievements of Clinical and Experimental Medicine*, 2009, vol. 10, no. 1, pp. 117–120 (in Ukrainian).

10. *European convention for the protection of vertebrate animals used for experim. and other scientific purposes*. Coun. of Europe, Strasbourg, 1986, p. 53.

11. Vlizlo V. V. *Laboratorni metody doslidzhen u biologiyi, tvarynyystvi ta veterynarniy medytsyni* [Laboratory research methods in biology, animal husbandry and veterinary medicine]. Lviv, SPOLOM, 2012. P. 355–368 (in Ukrainian).

12. Grinevich Yu. A. *Opredeleniye immunnykh kompleksov v krovi onkologicheskikh bolnykh* [Determination of immune complexes in the blood of cancer patients]. *Lab. delo*. — Lab. Business, 1981, no. 8, pp. 493–496 (in Russian).

13. Gottshalk A. *Glikoproteiny* [Glycoproteins]. Moscow, World, 1969. 303 p. (In Russian).

14. Khyuz R. *Glikoproteiny* [Glycoproteins]. Moscow, World, 1985. 140 p. (In Russian).

15. Pilatte Y., Bignon J., Lambre C. R. Sialic acids as important molecules in the regulation of the immune system: pathophysiological implications of sialidases in immunity. *Glycobiology*, 1993, 3 (3), p. 201–217.

16. Montreuil J. Spatial conformation of glycans and glycoproteins. *Biology of the Cell*, 1984, 51, p. 115–131.

17. Sharon N. Glycoproteins. *Trends in Biochemical Sciences*, 1984, 9, p. 198–202.

18. Cook G. M. W. Cell surface carbohydrates: molecules in search for a function *Cell Sci.*, 1986, 82 (Suppl. 4), p. 45–70.

19. Teshima R., Akiyama H., Okunuki H., Sakushima J.-I., Goda Y., Onodera H., Sawada J.-I., Toyoda, M. Effect of GM and non-GM soybeans on the immune system of BN rats and B10a mice. *Journal of*

Food Hygiene Society Japan, 2000, 41, p. 188–193.

20. Appenzeller L. M., Munley S. M., Hoban D., Sykes G. P., Malley L. A., Delaney B. Subchronic feeding study of herbicide-tolerant soybean DP-356043-5 in Sprague–Dawley rats, *Food Chem Toxicol*, 2008, 46 (16), pp. 2201–2213.

21. Qi X., He X., Luo Y., Li S., Zou S., Cao S., Tang M., Delaney B., Xu W., Huang K. Subchronic feeding study of stacked trait genetically-modified soybean (305423 × 40-3-2) in Sprague–Dawley rats. *Food and Chemical Toxicology*, 2012, 50 (9), pp. 3256–3263.

22. Zhu Y., Li D., Wang F., Yin J., Jin H. Nutritional assessment and fate of DNA of soybean meal from Roundup Ready or conventional soybeans using rats. *Arch. Anim. Nutr.*, 2004, 58, p. 295–310.

23. Malyk O. H., Kotsyumbas I. Ya. *Fiyestroheny* [Phytoestrogens]. Lviv, Dobrasprava, 2006, 140 p. (in Ukrainian).

24. Anosike C. A., Obidoa O., Ezeanyika L. U. S. Beneficial Effects of Soybean Diet on Serum Marker Enzymes, Lipid Profile and Relative Organ Weights of Wistar Rats. *Pakistan Journal of Nutrition*, 2008, 7 (6), p. 817–822.

25. Tudisco R., Lombardi P., Bovera F., d'Angelo D., Cutrignelli M. I., Mastellone V., Terzi V., Avallone L., Infascelli F. Genetically modified soya bean in rabbit feeding: detection of DNA fragments and evaluation of metabolic effects by enzymatic analysis. *Animal Science*, 2006, 82, p. 193–199.

26. Tudisco R., Mastellone V., Cutrignelli M. I., Lombardi P., Bovera F., Mirabella N., Piccolo G., Calabro S., Avallone L., Infascelli F. Fate of transgenic DNA and evaluation of metabolic effects in goats fed genetically modified soybean and in their offspring. *Animal*, 2010, 4 (10), p. 1–10.

27. Cîrnatu D., Jompan A., Sin A. I., Zugrav C. A. Multiple organ histopathological changes in broiler chickens fed on genetically modified organism. *Rom J Morphol Embryol*, 2011, 52 (Suppl. 1), p. 475–480.