

самцами контрольной и опытной групп составили 1 г или 4,6 %, а между самками – 0,2 г или 2,6 %.

Шкурки самцов опытной группы по площади были больше полученных от контрольных сверстников на 0,1 дм² или 0,9 %, а шкурки самок – на 0,3 дм² или 3,8 %.

Из этого следует, что применение побочных продуктов убоя птицы в рационах молодняка норок способствовало снижению стоимости кормов, себестоимости получаемой продукции и увеличению рентабельности производства мехового сырья на 4,1 %.

Литература

1. Бабак, Б. Д. Эффективность использования сухих кормов в звероводстве / Б. Д. Бабак. – М. : ВНИИТЭИСХ, 1977. – 77 с.
2. Квартникова, Е. Г. Актуальные проблемы кормления клеточных пушных зверей и пути их решения / Е. Г. Квартникова // Достижения науки и техники АПК. – 2012. – № 4. – С. 35-38.
3. Паркалов, И. В. Перспективы и пути развития клеточного звероводства России / И. В. Паркалов, Н. А. Балакирев // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – № 9. – С. 17-18.
4. Балакирев, Н. А. Особенности кормления пушных зверей в современных условиях / Н. А. Балакирев // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. – 2013. – № 5. – С. 55-60.

(поступила 1.03.2016 г.)

УДК 636.4.084/.087

С.Г. ЗИНОВЬЕВ

ПУЛ СВОБОДНЫХ АМИНОКИСЛОТ КРОВИ СВИНЕЙ, ПОЛУЧАВШИХ ГМ-СОЮ

Институт свиноводства и агропромышленного производства
НААН Украины

Установлено, что при введении в рацион свиней 5 % ГМ-сои (RR, GTS 40.3.2) пул и соотношение свободных аминокислот крови у свинок не претерпели существенных изменений. В то же время выявлено достоверное влияние ГМ-сои на пул свободных аминокислот крови хряков, а именно уменьшение общего содержания свободных аминокислот с $310,43 \pm 14,960$ до $173,74 \pm 2,216$ мкмоль ($p < 0,004$) и количества заменимых с $214,92 \pm 7,175$ до $124,93 \pm 2,615$ ($p < 0,0003$) мкмоль и незаменимых аминокислот с $95,51 \pm 7,785$ до $48,80 \pm 0,399$ мкмоль ($p < 0,0008$). Это может свидетельствовать о большей чувствительности мужского организма к действиям факторов внешней среды по сравнению с женским.

Ключевые слова: свиньи, ГМО, аминокислоты, кровь, рацион, соя.

POOL OF FREE AMINO ACIDS IN BLOOD OF PIGS RECEIVING GM-SOY

Institute for Pig Breeding and Agrarian Industrial Production
of the NAAS of Ukraine

It was found that when administered in the diet of pigs 5 % GM soy (RR, GTS 40.3.2) and the ratio of the free pool of blood amino acids in pigs have not changed significantly. At the same time there was a significant impact of GM soy on blood pool of free amino acids boars - namely, the reduction of the total content of free amino acids with $310,43 \pm 14,960$ micromoles to $173,74 \pm 2,216$ mmol ($p < 0.004$) and the number of replaceable with $214, 92 \pm 7,175$ micromoles to $124 \pm 93 2,615$ mmol ($p < 0.0003$) and essential amino acids with $95,51 \pm 7,785$ micromoles to $48,80 \pm 0,399$ mmol ($p < 0.0008$). What may indicate a greater sensitivity of male organism to action of environmental factors in comparison with the female.

Key words: pigs, GMOs, amino acids, blood, diet, soy.

Введение. Генетически модифицированный организм (ГМО) – живой организм, генетическая составляющая которого с помощью методов генной инженерии была искусственно изменена. Как правило, подобные изменения используются в научных или сельскохозяйственных целях. Генетическая модификация (ГМ) отличается от природного, характерного для искусственного и естественного мутагенеза целенаправленным вмешательством в геном живого организма.

Наиболее распространёнными генетически модифицированными сельскохозяйственными культурами на сегодня является кукуруза, соя, хлопок и рапс. Общая посевная площадь, занятая под ГМ культуры, составляет более 20 % сельскохозяйственных угодий. В США и Бразилии более 85 % от общего урожая составляет кукуруза трансгенной природы. В 2016 г. в мире официально зарегистрировано (разрешено к использованию) 390 линий (сортов) 29 видов ГМ-растений. При этом 41,21 % среди зарегистрированных линий устойчивы к пестицидам, 38,79 % – к вредителям и возбудителям болезней [1, 2].

Примером страны, где генетически инженерные культуры получили широкое распространение, являются США, где соя была второй биоинженерной культурой, внедрённой в коммерческий оборот. Конечно, немодифицированная соя не выдерживает использования глифосата – гербицида, который ингибирует фермент растений 5-еноилпирувил-шикимат-3-фосфат-синтазу (КФ 2.5.1.19). Поэтому при попадании глифосата на растение он проникает в клетки, блокирует синтез ряда необходимых соединений, и растение погибает. Для того чтобы избежать этого, Roundup Ready растения содержат полную копию гена энолпирувилшикиматфосфат-синтетазы с почвенной бактерии *Agrobacterium sp. strain CP4*, перенесённой в их геном, что делает их устойчивыми к гербициду глифосату, применяемому во всем мире для борьбы с сорняками [3].

В то же время существует множество противоречий, когда речь заходит на тему оценки рисков применения ГМО. Есть исследования, которые указывают на потенциальную опасность ГМО, в то время как в других негативное влияние не было выявлено. Именно по этой причине учёные отмечают, что при оценке рисков следует принимать во внимание индивидуальные особенности ведения сельского хозяйства в каждой стране, где существуют факторы, которые играют свою роль в создании локального риска, включая конкретную среду, уровни воздействия и т. д. [4].

Указанные выше данные дают основание считать, что окончательного ответа о безопасности пищевых ГМ растений для организма животных и человека мировым сообществом еще не получено [5, 6, 7, 8, 9]. Поэтому работы по изучению последствий применения ГМ пищевых (кормовых) продуктов на здоровье человека и животных имеют актуальность для безопасности жизнедеятельности общества и экологии.

Именно поэтому целью наших исследований было исследовать пролонгированное влияние генетически модифицированной сои на пул свободных аминокислот крови свиней.

Материал и методика исследований. В условиях ГП «Экспериментальная база «Надія» Института свиноводства и агропромышленного производства НААН были проведены исследования по изучению влияния генетически модифицированной (ГМ) сои на биохимический состав крови.

Для проведения научно-хозяйственного опыта, согласно существующей методике [10], были сформированы две группы животных, по 19 голов в каждой, в состав которых входили свинки, хрячки и кабанчики – аналоги по породной принадлежности и живой массе.

Исследование наличия генетически модифицированных конструкций в образцах кормов проводилось в лаборатории генетики, а их химический состав в лаборатории зоотехнического анализа института свиноводства и агропромышленного производства НААН Украины. Исследования проводились в соответствии с действующими нормативными документами на методы исследований: ДСТУ ISO 21569.2008, ДСТУ ISO 21570: 2008, ДСТУ ISO 21571.2008.

Свиньям контрольной группы, как и их предкам, в течение периода выращивания скармливали полноценный комбикорм, одним из ингредиентов которого была соя полножировая экструдированная сорта «Ворскла» (без ГМО) (5 % по массе), а опытной – экструдированная ГМ-соя (RR, GTS 40.3.2) (таблица 1). Свинки и кабанчики содержались в групповых станках по 6-8 голов, а хрячки – по 4-5 голов, со свободным доступом к корму и воде. В течение периода выращивания свиней

осуществлялся контроль за состоянием их здоровья, интенсивности роста и развития путём периодического взвешивания, а также проявлением половых функций у свинок и хряков.

Таблица 1 – Состав комбикорма для свиней

| Ингредиенты | Количество, %: | |
|-----------------------|----------------|------------------|
| | по массе | по питательности |
| Ячмень | 10,0 | 10,2 |
| Овёс | 10,0 | 9,2 |
| Соя экструдированная | 5,0 | 5,8 |
| Кукуруза измельчённая | 35,0 | 38,0 |
| Пшеница | 20,0 | 21,7 |
| Отруби пшеничные | 10,0 | 6,6 |
| Жмых подсолнечный | 5,0 | 5,5 |
| Премикс | 3,5 | 3,0 |
| Сольг | 0,5 | |
| Мел | 1,0 | |
| Разом | 100,0 | 100,0 |

Распределение смеси аминокислот, входящих в состав крови, спермы и мяса, а также их идентификацию и количественное определение осуществляли методом ионообменной хроматографии с использованием автоматического анализатора аминокислот Т-339 (Чехия) в Институте биохимии им. Палладина НАН Украины [11, 12, 13].

Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием программ Microsoft Exel 2013 и Statistica 8.0, предварительно проверив нормальность их распределения W тестом Шапиро-Вилка и тестом Лилиефорса. Рассчитывались следующие показатели описательной статистики как: среднее и ошибка ($M \pm m$), доверительный интервал (95 % ДИ), стандартное отклонение (S) и коэффициент вариации (Cv) по выборке. Вероятность разницы (p) рассчитывали с использованием t-теста для зависимых и независимых выборок, для множественных выборок использовали дисперсионный анализ (ANOVA) и критерий Ньюмена-Кейлса [14].

Результаты эксперимента и их обсуждение. Исследование содержания свободных аминокислот в крови свиней при скармливании ГМ-сои выявило существенные различия по этому показателю между полами, а также животными контрольной и опытной группы (таблица 2).

Выявлена достоверно меньшая концентрация заменимых, незаменимых и общей суммы аминокислот соответственно на 40,75 % ($p = 0,0039$), 50,04 ($p = 0,0069$) и 47,05 % ($p = 0,0180$) в крови свинок по

сравнению с хряками контрольной группы. Несколько выше было только содержание фенилаланина. Такие различия, по всей видимости, можно объяснить разным гормональным фоном в организмах хряка и свинок. Однако при использовании в рационах свиней ГМ-сои пул свободных аминокислот крови претерпел существенные изменения. Так, у хряков содержание многих незаменимых аминокислот, за исключением лизина и аргинина, было меньше по сравнению с контролем и соответственно их суммарное содержание было меньше почти вдвое. Количество заменимых аминокислот и их общее содержание в сыворотке крови уменьшились соответственно на 72,03 и 78,67 % и составил соответственно 124,93 и 173,74 мкмоль на 100 см³.

Таблица 2 – Пул свободных аминокислот крови свиней, которым скармливали ГМ-сою, мкмоль на 100 см³ (n=3)

| Показатель | Контроль, без ГМО | | Опыт, ГМО | |
|--------------------|----------------------|------------------------|------------------------|----------------------|
| | хрячки | свинки | хрячки | свинки |
| Лизин | 6,43±0,137 | 3,33±0,275### | 7,14±0,275 | 4,60±0,572# |
| Гистидин | 6,42±0,585 | 4,26±0,507# | 2,16±0,312** | 4,96±0,596## |
| Аргинин | 12,72±0,439 | 12,28±1,820 | 11,41±0,314 | 8,76±0,311## |
| Треонин | 14,04±0,198 | 7,19±0,989## | 3,77±0,198*** | 5,52±0,792 |
| Валин | 25,60±3,093 | 17,26±1,718 | 12,50±0,344** | 19,60±1,719## |
| Метионин | 2,50±0,273 | 1,49±0,078# | 1,08±0,003** | 1,48±0,137# |
| Изолейцин | 7,14±1,031 | 4,91±0,773 | 3,13±0,258* | 6,06±0,687# |
| Лейцин | 12,73±1,575 | 7,73±1,312 | 4,55±0,003** | 7,64±1,034# |
| Фенилаланин | 7,94±0,849 | 9,41±1,358 | 3,06±0,272** | 5,67±0,782# |
| Всего | 95,51±7,785 | 67,86±8,831 | 48,80±0,399** | 64,29±4,785# |
| Орнитин | 7,92±0,241 | 4,58±0,241### | 6,88±1,323 | 4,44±0,367 |
| Асп. Кисл. | 2,46±0,001 | 1,27±0,213## | 1,84±0,355 | 1,60±0,040 |
| Серин | 13,16±0,760 | 10,53±0,760 | 5,92±0,380*** | 6,00±0,982* |
| Глут. кисл. | 20,90±1,723 | 18,28±1,508 | 15,67±0,862 | 14,75±1,949 |
| Пролин | 27,14±0,825 | 12,86±0,004### | 11,43±0,001*** | 10,95±2,076 |
| Глицин | 52,70±0,708 | 40,20±4,528 | 36,27±1,132*** | 38,89±5,670 |
| Аланин | 45,83±2,406 | 31,25±3,608# | 29,86±1,203** | 31,94±3,208 |
| Цистин | 3,13±0,002 | 1,57±0,006### | 2,53±0,033*** | 1,42±0,146## |
| Тирозин | 6,40±0,336 | 6,52±0,588 | 2,27±0,101*** | 5,59±0,768## |
| Глутамин | 35,29±2,264 | 16,18±0,849### | 12,25±1,981 | 20,59±1,498## |
| Всего | 214,92±7,174 | 143,24±12,026## | 124,93±2,615*** | 136,17±13,020 |
| Общая сумма | 310,43±14,959 | 211,10±20,852# | 173,74±2,216*** | 200,46±17,769 |

Примечание: * – p < 0,05; ** – p < 0,01; *** – p < 0,001 – по сравнению с контролем; # – p < 0,05; ## – p < 0,01 – по сравнению с хряками.

Однако пул свободных аминокислот крови свинок не испытал такого существенного влияния кормового фактора. Наблюдалось только незначительное снижение содержания аминокислот в крови, за исключением серина, количество которого достоверно снизилась на 75,5 % (p = 0,0218). При сравнении содержания свободных аминокислот в крови свинок и хряков, получавших ГМ-сою, наблюдается достоверно (p = 0,03213) высшее на 31,74 % содержание незаменимых аминокис-

лот и тенденциозно заменимых аминокислот на 8,99 % и соответственно их общее количество на 15,38 % в крови свинок. Необходимо также отметить не только уменьшение общего количества большинства свободных аминокислот в крови хряков, получавших ГМ-сою, но и изменение их соотношения, чего почти не наблюдалось у свинок (рисунки 1 и 2).

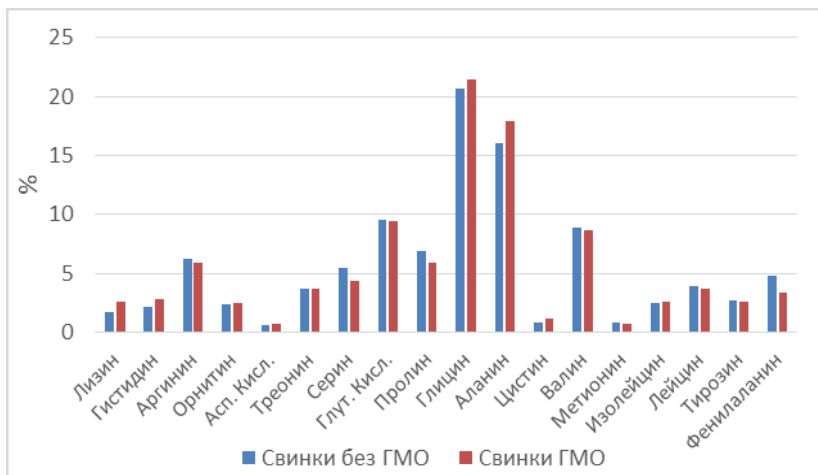


Рисунок 1 – Соотношение свободных аминокислот крови свинок, которым скармливали ГМ-сою (n=3)

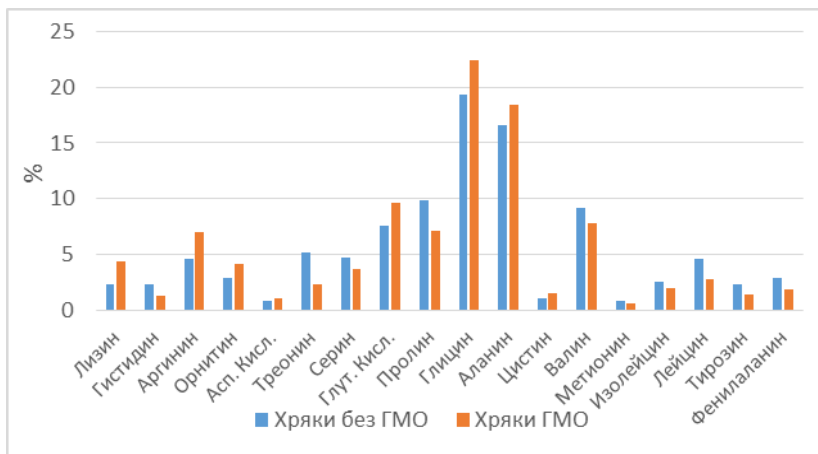


Рисунок 2 – Соотношение свободных аминокислот крови хряков, которым скармливали ГМ-сои (n=3)

Заключение. Существенных изменений пула свободных аминокислот в крови подопытных свинок не обнаружено. Однако установлено достоверное влияние ГМ-сои на пул свободных аминокислот крови хряков – уменьшение общего содержания свободных аминокислот с $310,43 \pm 14,960$ до $173,74 \pm 2,216$ мкмоль ($p < 0,004$), количества заменяемых с $214,92 \pm 7,175$ до $124,93 \pm 2,615$ ($p < 0,0003$) мкмоль и незаменимых аминокислот с $95,51 \pm 7,785$ до $48,80 \pm 0,399$ мкмоль ($p < 0,0008$). Это может свидетельствовать о большей чувствительности мужского организма к действиям факторов внешней среды по сравнению с женским.

Литература

1. GM Approval Database // International Service for the Acquisition of Agri-Biootech Application (ISAAA) [Electronic resource]. – 2016. – Mode of access: <http://www.isaaa.org/gmapprovaldatabase/default.asp>
2. Clive, J. 2015. 20th Anniversary (1996 to 2015) of the Global Commercialization of Biotech Crops and Biotech Crop Highlights in 2015. ISAAA Brief No. 51. ISAAA: Ithaca, NY.
3. Interaction of the herbicide glyphosate with its target enzyme 5-enolpyruvylshikimate 3-phosphate synthase in atomic detail / E. Schönbrunn [et al.] // PNAS. – 2001. – Vol. 98. – P. 1376-1380
4. DTREEv2, a computer-based support system for the risk assessment of genetically modified plants / I. Pertry [et al.] // New Biotechnology. – 2014. – Vol. 31(2). – P. 166-171
5. Закревский, В. В. Генетически модифицированные организмы растительного происхождения: проблемы и перспективы их использования в питании населения России / В. В. Закревский // Вопросы здорового и диетического питания. – 2011. – № 1. – С. 49-58.
6. Кузнецов, В. В. Генетически модифицированные сельскохозяйственные культуры и полученные из них продукты: пищевые, экологические и агротехнические риски / В. В. Кузнецов, А. М. Куликов, В. Д. Циденбаев // Известия аграрной науки. – 2010. – Т. 8, № 3. – С. 10-30.
7. A comparison of the effects of three GM Corn varieties on mammalian health / G. S. de Vendomois [et al.] // Int. J. Biol. Sci. – 2009. – № 5 (7). – P. 706-726.
8. No scientific consensus on GMO safety / A. Hilbeck [et al.] // Environmental Sciences Europe. – 2015. – Vol. 27. – P. 4
9. Environmental risk assessment of genetically modified plants - concepts and controversies / A. Hilbeck [et al.] // Environmental Sciences Europe. – 2011. – Vol. 23. – P. 13.
10. Методики исследований по свиноводству / ВАСХНИЛ, Южное отделение. – Харьков, 1977. – 181 с.
11. Бейли, Дж. Методы химии белков / Дж. Бейли. – М.: Мир, 1985. – 287 с.
12. Бенсон, Дж. В. Хроматографический анализ аминокислот и пептидов на сферических смолах и его применение в биохимии и медицине / Дж. В. Бенсон, Дж. А. Патерсон // Новые методы анализа аминокислот, пептидов, белков. – Москва: Мир, 1979. – С. 9-84.
13. Рядчиков, В. Г. Улучшение зерновых белков и их оценка / В. Г. Рядчиков; под ред. М. И. Хаджинова. – Москва: Колос, 1978. – 368 с.
14. Stanton, A. Glantz Primer of biostatistics: sixth edition / A. Stanton. – McGraw-Hill Professional, 2005. – 520 p.

(поступила 25.03.2015 г.)