

Н.В. ЖУРИНА, А.И. ГАНДЖА, М.А. КОВАЛЬЧУК, О.П. КУРАК,
Л.Л. ЛЕТКЕВИЧ, В.П. СИМОНЕНКО, И.В. КИРИЛЛОВА

ВЛИЯНИЕ ПОЛИМОРФНЫХ ВАРИАНТОВ ГЕНОВ MUC4, ECR F18/FUT1 И Mx1 НА РЕПРОДУКТИВНЫЕ КАЧЕСТВА СВИНОМАТОК

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук
Беларуси по животноводству»

Изучено влияние полиморфных вариантов генов MUC4, ECR F18/FUT1 и Mx1 на репродуктивные качества свиноматок белорусской крупной белой и белорусской мясной пород. Установлено достоверное увеличение показателей количества поросят к отъёму у свиноматок генотипа MUC4^{CC} на 0,6 поросёнка, количества родившихся и живых поросят у свиноматок комплексного генотипа MUC4^{CC} Mx1^{AA} на 0,6-0,7 поросёнка, достоверное снижение процента аварийных опоросов у животных генотипов ECR F18/FUT1^{AA}, MUC4^{CC} ECR F18/FUT1^{AA}, ECR F18/FUT1^{AA} Mx1^{AA} на 11,8-15,5 процентных пунктов, а также тенденция положительного влияния генотипов MUC4^{CC}, Mx1^{AA}, ECR F18/FUT1^{AA} и комплексных генотипов MUC4^{CC} Mx1^{AA}, MUC4^{CC} ECR F18/FUT1^{AA}, ECR F18/FUT1^{AA} Mx1^{AA} на ряд показателей репродуктивных признаков свиноматок.

Ключевые слова: свиноматки, белорусская крупная белая порода, белорусская мясная порода, репродуктивные признаки, ген MUC4, ген ECR F18/FUT1, ген Mx1.

N.V. ZHURINA, A.I. GANDZHA, M.A. KOVALCHUK, O.P. KURAK, L.L. LETKEVICH,
V.P. SYMONENKO, I.V. KIRILLOVA

EFFECT OF POLYMORPHIC VARIANTS OF MUC4, ECR F18/FUT1 AND Mx1 GENES ON REPRODUCTIVE TRAITS OF SOWS

RUE «Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus
on Animal Husbandry»

The effect of polymorphic variants of MUC4, ECR F18/FUT1 and Mx1 genes on reproductive traits of sows of Belarusian large white and Belarusian meat breeds is studied. A significant increase in the number of piglets to weaning from sows of MUC4^{CC} genotype by 0,6 pig, number of piglets born alive for sows of MUC4^{CC} Mx1^{AA} complex genotype by 0,6-0,7 pig, a significant decrease in the percentage of emergency farrowing for animals of ECR F18/FUT1^{AA}, MUC4^{CC} ECR F18/FUT1^{AA}, ECR F18/FUT1^{AA} Mx1^{AA} genotypes by 11,8-15,5 percentage points, as well trend of positive effect of MUC4^{CC}, Mx1^{AA}, ECR F18/FUT1^{AA} genotypes and MUC4^{CC} Mx1^{AA}, MUC4^{CC} ECR F18/FUT1^{AA}, ECR F18/FUT1^{AA} Mx1^{AA} complex genotypes on a number of indicators of performance traits of sows.

Key words: sows, Belarusian large white breed, Belarusian meat breed, reproductive traits, MUC4 gene, ECR F18/FUT1 gene, Mx1 gene.

Введение. Традиционные мероприятия, проводимые с целью снижения уровня заболеваемости сельскохозяйственных животных, такие как химиотерапия, вакцинация, контроль над переносчиками инфек-

ций, улучшение условий содержания животных, не всегда достаточно эффективны и имеют ряд ограничений. Поэтому наряду с ветеринарными мерами борьбы с болезнями актуальность приобретает разработка и внедрение генетических методов повышения устойчивости сельскохозяйственных животных к заболеваниям.

Гены MUC4 и ECR F18/FUT1 рассматривают в качестве ДНК-маркеров генов рецепторов *E. coli* (ECR), ассоциированных с развитием колибактериоза и отёчной болезни у поросят. Наиболее распространены у энтеротоксичных штаммов *E. coli* фимбриальные антигены F4 и F18.

Установлено, что локусы рецепторов *E. coli* F4 (ECR F4) находятся на 13-й хромосоме свиней и тесно сцеплены с геном MUC4, в связи с чем молекулярно-генетический тест по данному гену используется для идентификации устойчивого (MUC4^{CC}) и восприимчивых (MUC4^{CG} и MUC4^{GG}) к колибактериозу генотипов [1, 2].

В 1997 г. Meijerink E. et al. установили, что ген, кодирующий ECR F18, тесно сцеплен с геном альфа-1-фукозилтрансферазы (FUT1). В результате секвенирования гена FUT1 была выявлена точковая мутация А→G в позиции 307, что позволило разработать косвенный молекулярно-генетический тест для диагностики устойчивого (ECR F18/FUT1^{AA}) и восприимчивых (ECR F18/FUT1^{GG} и ECR F18/FUT1^{AG}) к колибактериозу генотипов [3, 4].

Выраженной противовирусной активностью у позвоночных обладает белок Mx, который играет важную роль в интерферон-индуцируемом противовирусном ответе [5], ингибируя мультипликацию вирусов, генетическая информация которых хранится в минус цепи РНК. В исследованиях Horisberger M.A. [6], Zhang X. et al. [7], проведённых на свиньях, отмечено ингибирующее действие белка Mx1 на ряд вирусов, в том числе и на вирусы РРСС, гриппа.

Целью наших исследований было изучение влияния полиморфных вариантов генов MUC4, ECR F18/FUT1 и Mx1 на репродуктивные качества свиноматок.

Материал и методика исследований. Исследования проводились в лаборатории молекулярной биотехнологии и ДНК-тестирования РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству».

Объектом исследований являлись свиноматки белорусской крупной белой (БКБ) и белорусской мясной (БМ) пород, разводимых в КСУП «СГЦ «Западный» Брестской обл.

Генотипирование свиней по генам MUC4, ECR F18/FUT1 проводили методом ПЦР-ПДРФ, гену по Mx1 – методом ПЦР.

Продукты ПЦР амплификации фрагмента гена MUC4 расщепляли

рестриктазой XbaI, ECR F18/FUT1 - Hin61.

Концентрацию и степень чистоты препаратов ДНК оценивали с использованием спектрофотометра GeneQuant 1300 (Healthcare).

Продукты ПЦР и рестрикционные фрагменты фракционировали с использованием системы для анализа нуклеиновых кислот 2200 TapeStation (Agilent Technologies).

Статистическую обработку полученных данных проводили по стандартным биометрическим методикам [8].

Результаты эксперимента и их обсуждение. С целью изучения ассоциации полиморфных вариантов генов MUC4, ECR F18/FUT1 и Mx1 с репродуктивными качествами свиноматок проведено молекулярно-генетическое тестирование животных белорусской крупной белой и белорусской мясной пород, разводимых в КСУП «СГЦ «Западный», в результате которого идентифицированы генотипы:

- по гену MUC4: MUC4^{CC} – устойчивый к эшерихиозу, вызываемому E. coli с типом фимбрий F4; MUC4^{CG} и MUC4^{GG} – восприимчивые к эшерихиозу;

- по гену ECR F18/FUT1: ECR F18/FUT1^{AA} – устойчивый к колибактериозу, вызываемому E. Coli с типом фимбрий F18; ECR F18/FUT1^{AG} и ECR F18/FUT1^{GG} – восприимчивые к эшерихиозу;

- по гену Mx1: Mx1^{AA} – устойчивый к вирусным заболеваниям; гетерозиготный генотип Mx1^{AC}; восприимчивый к вирусным заболеваниям генотип Mx1^{CC} не идентифицирован.

Проведённые исследования позволили установить превосходство животных предпочтительных генотипов (MUC4^{CC}, Mx1^{AA}, ECR F18/FUT1^{AA}) по ряду показателей репродуктивных признаков.

Свиноматки белорусской крупной белой породы генотипов MUC4^{CC}, Mx1^{AA} и ECR F18/FUT1^{AA} отличались более высоким многоплодием – на 0,3; 0,4 и 0,4 поросёнка, соответственно – в сравнении с матками генотипов MUC4^{CG} либо GG, Mx1^{AC} и ECR F18/FUT1^{AG} либо GG. По количеству поросят к отъёму также установлено превосходство свиноматок предпочтительных генотипов над животными альтернативных генотипов: так, у маток генотипа MUC4^{CC} было на 0,1 поросёнка больше, чем у свиноматок генотипов MUC4^{CG} либо GG, у маток генотипа Mx1^{AA} – на 0,2 поросёнка больше, чем у свиноматок генотипа Mx1^{AC}, у маток генотипа ECR F18/FUT1^{AA} – на 0,1 поросёнка больше, чем у свиноматок генотипов ECR F18/FUT1^{AG} либо GG (таблица 1).

Свиноматки белорусской мясной породы генотипов MUC4^{CC}, Mx1^{AA} и ECR F18/FUT1^{AA} превосходили животных генотипов MUC4^{CG} либо GG, Mx1^{AC} и ECR F18/FUT1^{AG} либо GG по количеству живорождённых поросят на 0,3; 0,1 и 0,3 поросёнка соответственно. К отъёму было больше поросят в гнезде свиноматок генотипа MUC4^{CC} на 0,6 (P<0,05)

в сравнении с матками генотипов MUC4^{CG} либо GG, генотипа Mx1^{AA} – на 0,1 в сравнении с матками генотипа Mx1^{AC}.

Таблица 1 – Показатели репродуктивных признаков свиноматок белорусской крупной белой и белорусской мясной пород различных генотипов по генам MUC4, Mx1, и ECR F18/FUT1

Показатели	БКБ		БМ	
1	2		3	
Ген MUC4				
Генотипы	MUC4 ^{CC}	MUC4 ^{CG} либо GG	MUC4 ^{CC}	MUC4 ^{CG} либо GG
Количество голов	45	56	16	19
Родилось поросят всего, гол.	11,9±0,3	11,8±0,2	11,4±0,3	10,9±0,3
В том числе живых, гол.	11,6±0,2	11,3±0,2	11,0±0,3	10,7±0,3
Масса гнезда при рождении, кг	13,5±0,3	13,2±0,3	13,3±0,3	12,9±0,4
Количество поросят в 21 день, гол.	9,7±0,1	9,7±0,1	10,0±0,2	9,6±0,2
Молочность, кг	52,2±1,1	51,7±1,8	54,3±1,2	52,6±1,2
Количество поросят при отъёме в 28-30 дней, гол.	9,6±0,1	9,5±0,1	10,0±0,2	9,4±0,2*
Масса гнезда при отъёме в 28-30 дней, кг	78,5±1,4	74,2±2,9	80,4±1,5	77,0±1,6
Процент мертворождённых поросят, %	2,8±0,6	3,4±0,6	3,4±0,9	1,1±0,5
Процент аварийных опоросов, %	8,8±4,0	9,1±3,5	1,6±1,6	8,0±5,5
Ген Mx1				
Генотипы	Mx1 ^{AA}	Mx1 ^{AC}	Mx1 ^{AA}	Mx1 ^{AC}
Количество голов	71	30	15	20
Родилось поросят всего, гол.	12,0±0,2	11,6±0,2	11,2±0,3	11,4±0,3
В том числе живых, гол.	11,6±0,2	11,2±0,2	11,2±0,3	11,1±0,2
Масса гнезда при рождении, кг	13,9±0,2	13,1±0,2	13,2±0,3	13,2±0,3
Количество поросят в 21 день, гол.	9,7±0,1	9,7±0,2	9,8±0,2	9,7±0,2
Молочность, кг	52,1±0,9	49,7±2,1	53,3±1,0	52,8±1,1
Количество поросят при отъёме в 28-30 дней, гол.	9,7±0,1	9,5±0,1	9,8±0,2	9,7±0,2
Масса гнезда при отъёме в 28-30 дней, кг	76,5±2,4	73,6±3,4	78,7±1,1	78,6±1,4
Процент мертворождённых поросят, %	2,9±0,4	3,6±0,7	1,4±0,5	2,6±0,8
Процент аварийных опоросов, %	9,9±2,8	12,8±5,4	0	8,3±4,8

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
Ген ECR F18/FUT1				
Генотипы	ECR F18/FUT1 ^{AA}	ECR F18/FUT1 ^{AG} либо GG	ECR F18/FUT1 ^{AA}	ECR F18/FUT1 ^{AG} либо GG
Количество голов	6	95	7	28
Родилось поросят всего, гол.	11,5±0,8	11,0±0,2	11,3±0,5	11,1±0,2
В том числе живых, гол.	11,2±0,7	10,8±0,1	11,1±0,4	10,8±0,2
Масса гнезда при рождении, кг	13,4±0,9	13,0±0,2	13,4±0,6	13,0±0,2
Количество поросят в 21 день, гол.	9,6±0,2	9,6±0,1	9,7±0,2	9,8±0,1
Молочность, кг	51,4±1,2	48,7±1,0	51,7±1,0	53,7±0,9
Количество поросят при отъёме в 28-30 дней, гол.	9,6±0,2	9,5±0,1	9,7±0,2	9,7±0,1
Масса гнезда при отъёме в 28-30 дней, кг	80,3±1,4	75,3±1,5	77,8±1,4	78,8±1,2
Процент мертворождённых поросят, %	3,2±0,7	1,9 0,4	1,0±0,7	2,2±0,5
Процент аварийных опоросов, %	0,05±0,0	10,6±2,5	0	4,5±2,6
	5	***	0	4,5±2,6

Примечание: здесь и далее разница достоверна при: * - P<0,05; *** - P<0,001.

Показатель массы гнезда у животных белорусской крупной белой породы генотипа MUC4^{CC} была больше в сравнение с матками генотипов MUC4^{CG} либо GG при рождении на 0,3, в 21 день – на 0,5 и при отъёме – на 4,3 кг. Свиноматки генотипа Mx1^{AA} отличались более высокими показателями массы гнезда поросят при рождении, в 21 день и отъёме на 0,8; 2,4; 2,9 кг соответственно в сравнение с матками генотипа Mx1^{AC}. Животные генотипа ECR F18/FUT1^{AA} превосходили свиноматок генотипов ECR F18/FUT1^{AG} либо GG по массе гнезда при рождении, в 21 день и отъёме на 0,4; 2,7 и 5,0 кг соответственно.

Изучено комплексное влияние генов MUC4, Mx1 и ECR F18/FUT1 на репродуктивные качества свиноматок белорусской крупной белой и белорусской мясной пород. Из-за низкого уровня встречаемости генотипа ECR F18/FUT1^{AA} в изучаемых группах свиноматок невозможно было сформировать полноценные группы сравнения с одновременным включением в исследование генотипов по трём генам, поэтому проводился сравнительный анализ показателей продуктивности животных различных комплексных генотипов по двум генам: MUC4^{CC} Mx1^{AA} и MUC4^{CG} либо GG Mx1^{AC}; MUC4^{CC} ECR F18/FUT1^{AA} и MUC4^{CG} либо GG ECR F18/FUT1^{AG} либо GG; ECR F18/FUT1^{AA} Mx1^{AA} и ECR F18/FUT1^{AG} либо GG Mx1^{AC}.

Установлено, что свиноматки белорусской крупной белой и белорусской мясной пород устойчивы к эшерихиозу, вызываемому *E. coli* с типом фимбрий F4, и вирусным заболеваниям (генотип MUC4^{CC} Mx1^{AA}) превосходили животных восприимчивых к эшерихиозу и являющихся носителями мутации в гене Mx1 (генотип MUC4^{CG} либо GG Mx1^{AC}) по количеству родившихся поросят на 0,6 (P<0,05) и 0,7 (P<0,05), в том числе живых – на 0,7 (P<0,05) и 0,6, в 21 день – на 0,1 и 0,2, при отъеме – на 0,2 и 0,2 поросенка соответственно. Масса гнезда поросят свиноматок крупной белой и белорусской мясной пород генотипа MUC4^{CC} Mx1^{AA} была выше в сравнение с матками генотипа MUC4^{CG} либо GG Mx1^{AC} при рождении – на 0,4 и 0,6, в 21 день – на 2,8 и 0,1, при отъеме – на 7,0 и 3,9 кг соответственно (рисунок 1).

Белорусская крупная белая порода

Белорусская мясная порода

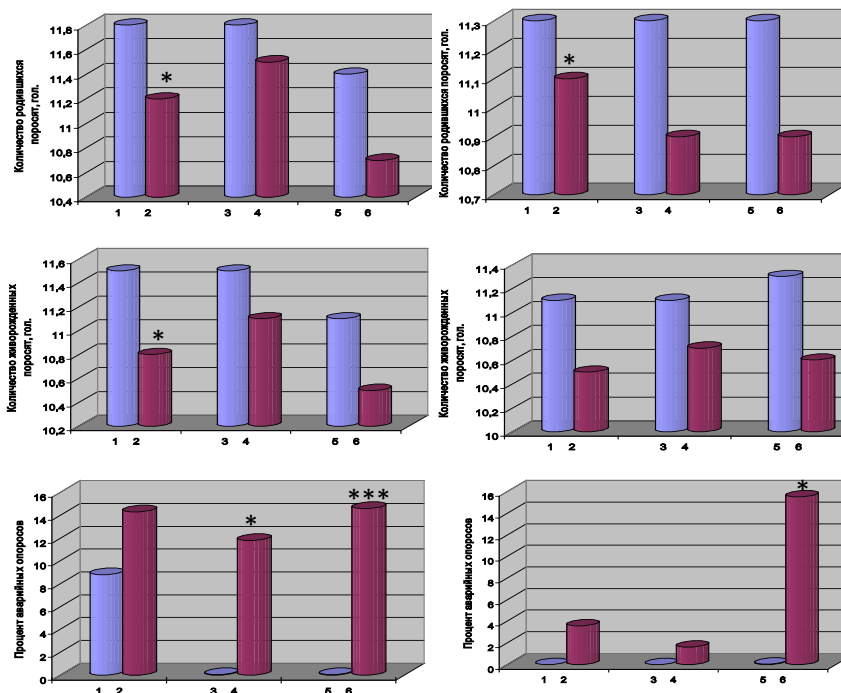


Рисунок 1 – Сравнительный анализ показателей репродуктивных признаков свиноматок белорусской крупной белой и белорусской мясной пород генотипов: MUC4^{CC} Mx1^{AA} (1) и MUC4^{CG} либо GG Mx1^{AC} (2); MUC4^{CC} ECR F18/FUT1^{AA} (3) и MUC4^{CG} либо GG ECR F18/FUT1^{AG} либо GG (4); ECR F18/FUT1^{AA} Mx1^{AA} (5) и ECR F18/FUT1^{AG} либо GG Mx1^{AC} (6)

Лучшими показателями репродуктивных признаков характеризовались свиноматки устойчивые к эшерихиозу, вызываемому *E. coli* с типами фимбрий F4 и F18 (генотип MUC4^{CC} ECR F18/FUT1^{AA}) в сравнение с восприимчивыми к эшерихиозу (генотип MUC4^{CG} либо GG ECR F18/FUT1^{AG} либо GG) матками. У свиноматок белорусской крупной белой и белорусской мясной пород генотипа MUC4^{CC} ECR F18/FUT1^{AA} рождалось больше поросят на 0,3 и 0,4, в том числе живых – на 0,4 и 0,4, к отъёму было – на 0,1 и 0,2 поросёнка больше, соответственно, чем у животных генотипа MUC4^{CG} либо GG ECR F18/FUT1^{AG} либо GG. По массе гнезда поросят свиноматки крупной белой и белорусской мясной пород генотипа MUC4^{CC} ECR F18/FUT1^{AA} превосходили маток генотипа MUC4^{CG} либо GG ECR F18/FUT1^{AG} либо GG при рождении на 0,6 и 0,4, отъёме – на 5,8 и 0,7 кг соответственно.

В результате анализа показателей продуктивности свиноматок белорусской крупной белой породы генетически устойчивых к эшерихиозу, вызываемому *E. coli* с типом фимбрий F18, и вирусным заболеваниям (генотип ECR F18/FUT1^{AA} Mx1^{AA}) и восприимчивых к эшерихиозу и являющихся носителями мутации в гене Mx1 (генотип ECR F18/FUT1^{AG} либо GG Mx1^{AC}) установлено превосходство первой генотипической группы по количеству рожденных поросят, в том числе живых и поросят к отъёму на 0,7; 0,6 и 0,1 поросёнка соответственно, по массе гнезда при рождении – на 0,8 кг, при отъёме – на 0,5 кг. Свиноматки белорусской мясной породы генотипа ECR F18/FUT1^{AA} Mx1^{AA} превосходили животных генотипа ECR F18/FUT1^{AG} либо GG Mx1^{AC} по количеству родившихся поросят на 0,4, в том числе живых – на 0,7, в 21 день – на 0,2, при отъёме – на 0,3 поросёнка, массе гнезда при рождении – на 0,9 кг.

Следует отметить, что свиноматки предпочтительных генотипов отличались более низким процентом аварийных опоросов в сравнение с матками альтернативных генотипов. Процент аварийных опоросов был ниже у маток белорусской крупной белой и белорусской мясной пород генотипа MUC4^{CC} Mx1^{AA} в сравнение с MUC4^{CG} либо GG Mx1^{AC} на 4,3 и 3,6, MUC4^{CC} ECR F18/FUT1^{AA} в сравнение с MUC4^{CG} либо GG ECR F18/FUT1^{AG} либо GG – на 11,8 ($P < 0,001$) и 1,6, ECR F18/FUT1^{AA} Mx1^{AA} в сравнение с ECR F18/FUT1^{AG} либо GG Mx1^{AC} – на 14,6 ($P < 0,001$) и 15,5 ($P < 0,05$) процентных пунктов, соответственно.

Таким образом, в результате проведённых исследований установлена достоверная ассоциация генотипов MUC4^{CC}, ECR F18/FUT1^{AA} с более высокими показателями количества поросят к отъёму, комплексного генотипа MUC4^{CC} Mx1^{AA} с более высокими показателями количества родившихся и живых поросят, генотипов ECR F18/FUT1^{AA}, MUC4^{CC} ECR F18/FUT1^{AA}, ECR F18/FUT1^{AA} Mx1^{AA} с низким значени-

ем процента аварийных опоросов.

Заключение. В результате проведённых исследований установлено достоверное увеличение показателей количества поросят к отъёму у свиноматок генотипа MUC4^{CC} на 0,6 поросёнка, количества родившихся и живых поросят у свиноматок комплексного генотипа MUC4^{CC} Mx1^{AA} на 0,6-0,7 поросёнка, достоверное снижение процента аварийных опоросов у животных генотипов ECR F18/FUT1^{AA}, MUC4^{CC} ECR F18/FUT1^{AA}, ECR F18/FUT1^{AA} Mx1^{AA} на 11,8-15,5 процентных пунктов, а также тенденция положительного влияния генотипов MUC4^{CC}, Mx1^{AA}, ECR F18/FUT1^{AA} и комплексных генотипов MUC4^{CC} Mx1^{AA}, MUC4^{CC} ECR F18/FUT1^{AA}, ECR F18/FUT1^{AA} Mx1^{AA} на ряд показателей репродуктивных признаков свиноматок белорусской крупной белой и белорусской мясной пород.

Литература

1. Refined linkage mapping of the Escherichia coli F4ac receptor gene on pig chromosome 13 / D. Joller [et al.] // Proc. 30th Int. Conf. Anim. Genet. (20-25 August, Porto Seguro). – Brazil, 2006. – P. 512.
2. Jorgensen, C. B. Linkage and comparative mapping of the locus controlling susceptibility towards E. coli F4ab/ac diarrhoea in pigs / C. B. Jorgensen // Cytogenetic and Genome Research. – 2003. – Vol. 102. – P. 157-162.
3. A molecular test for the detection of E. coli F18 receptors: a breakthrough in the struggle against edema disease and post-weaning diarrhea in swine / P. Vögeli [et al.] // Schweiz Arch Tierheilkd. – 1997. - № 11. – P. 479-484.
4. Two alpha(1,2) fucosyltransferase genes on porcine chromosome 6q11 are closely linked to the blood group inhibitor (S) and Escherichia coli F18 receptor (ECF18R) loci / E. Meijerink [et al.] // Mamm. Genome. – 1997 - № 8. – P. 736-741
5. A putative GTP binding protein homologous to interferon-inducible Mx proteins performs an essential function in yeast protein sorting / J. H. Rothman [et al.] // Cell. – 1990. – Vol. 61. – P. 1063-1074.
6. Horisberger, M. A. Virus-specific effects of recombinant porcine interferon and the induction of Mx proteins in pig cells / M. A. Horisberger // J. Interferon Res. – 1992. – Vol. 12. – P. 439.
7. Molecular responses of macrophages to porcine reproductive and respiratory syndrome virus infection / X. Zhang [et al.] // Virology. – 1999. – Vol. 262. – P. 152.
8. Меркурьева, Е. К. Биометрия в селекции и генетике сельскохозяйственных животных / Е. К. Меркурьева. – М. : Колос, 1970. – 423 с.

(поступила 16.03.2015 г.)