

**АССОЦИАЦИЯ КОМПЛЕКСА  
ПОЛИМОРФНЫХ ВАРИАНТОВ ГЕНОВ  
ДИАЦИЛГЛИЦЕРОЛ О-АЦИЛ ТРАНСФЕРАЗЫ 1 (*DGATI*),  
СОМАТОТРОПИНА (*GH*), ПРОЛАКТИНА (*PRL*)  
И БЕТА-ЛАКТОГЛОБУЛИНА (*BLG*) С ПОКАЗАТЕЛЯМИ  
МОЛОЧНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ ПЕРВОТЕЛОК  
КРАСНОЙ БЕЛОРУССКОЙ ПОРОДНОЙ ГРУППЫ**

**А. Н. Михалюк**, канд. биол. наук, доцент  
УО «Гродненский государственный аграрный университет»,  
Гродно, Республика Беларусь

**Аннотация.** В статье приведен материал по оценке ассоциированного влияния комплекса полиморфных вариантов генов диацилглицерол О-ацил трансферазы 1 (*DGATI*), соматотропина (*GH*), пролактина (*PRL*) и бета-лактоглобулина (*BLG*) с показателями молочной продуктивности первотелок красной белорусской породной группы. Установлено, что наиболее высокие показатели молочной продуктивности имели животные с комплексом генотипов генов *DGATI*<sup>KK</sup>*GH*<sup>LL</sup>*PRL*<sup>AA</sup>*BLG*<sup>AB</sup>.

Для повышения эффективности селекционно-племенной работы, направленной на повышение и совершенствование наиболее важных хозяйственно полезных признаков, рекомендуется маркировать один и тот же признак по нескольким генам. Комплексное маркирование позволяет более эффективно проводить селекционную работу, что способствует повышению уровня молочной продуктивности крупного рогатого скота [1, 2]. В качестве перспективных генов-маркеров продуктивности коров выделяют гены диацилглицерол О-ацил трансферазы 1 (*DGATI*), *GH* (гормона роста), *PRL* (пролактина), *LGB* (лактоглобулина), *BoLA DRB 3*, *CSN3* (капа-казеина) и др. Их взаимосвязь с хозяйственно-полезными признаками продуктивности животных в той или иной степени изучены, однако вопрос об их комплексном влиянии на количественные и качественные показатели молочной продуктивности остается открытым [3, 4].

Целью исследований являлось изучение полиморфизма генов и оценка ассоциированного влияния комплексных генотипов генов диацилглицерол О-ацил трансферазы 1 (*DGATI*), соматотропина (*GH*), пролактина (*PRL*), бета-лактоглобулина (*BLG*) с показателями молочной продуктивности первотелок красной белорусской породной группы.

Для исследования использовали биологический материал (ушной выщип) от первотелок красной белорусской породной группы в количестве 104. Для оценки аллелофонда коров красной белорусской породной группы служили данные по продуктивности, полученные из УСП «Новый Двор-Агро» Свислочского района Гродненской области.

ДНК-генотипирование животных по генам диацилглицерол О-ацил трансферазы 1 (*DGATI*), соматотропина (*GH*), пролактина (*PRL*) и бета-лактоглобулина (*BLG*) проводили с использованием метода полимеразной цепной реакции (ПЦР) и полиморфизма длин рестрикционных фрагментов (ПДРФ). Ядерную ДНК выделяли перхлоратным методом. Основные растворы для выделения ДНК готовили по Т. Маниатису, Э. Фрич, Дж. Сэмбуку [5], а для амплификации и рестрикции использовали растворы производства ОДО «Праймтех», Беларусь.

В табл. 1 приведен состав реакционной смеси для проведения амплификации исследуемых локусов генов диацилглицерол О-ацил трансферазы 1 (*DGATI*), соматотропина (*GH*), пролактина (*PRL*) и бета-лактоглобулина (*BLG*).

Таблица 1. Состав реакционной смеси для проведения амплификации исследуемых локусов генов диацилглицерол О-ацил трансферазы 1 (*DGATI*), соматотропина (*GH*), пролактина (*PRL*) и бета-лактоглобулина (*BLG*)

Компоненты	Количество реагентов на 1 пробу
1 × Таq-буфер	1×
50 мМ MgCl <sub>2</sub>	2–5 мМ
Смесь дНТФ	2–4 мМ
Праймер 1	10–25 пМ
Праймер 2	10–25 пМ
Таq-полимераза 2500 ед., Евроген, РК113L	0,5–1,5 е. а.
ДНК	200–250 нг/мкл
H <sub>2</sub> O	Доводим до 25 мкл

Для амплификации участка гена *DGATI* использовали праймеры [6]:  
*DGATI* 1: 5' CAC CAT CCT CTT CCT CAA GC 3';  
*DGATI* 2: 5' ATG CGG GAG TAG TCC ATG TC 3'.

Для амплификации участка гена *GH* использовали праймеры [7]:

*GH* 1: 5' CCG TGT CTA TGA GAA GC 3';

*GH* 2: 5' GTT CTT GAG CAG CGC GT 3'.

Для амплификации участка гена *BLG* использовали праймеры [8]:

*BLG* 1: 5' TGT GCT GGA CAC CGA CTA CAA AAA G 3';

*BLG* 2: 5' GCT CCC GGT ATA TGA CCA CCC TCT 3'.

Для амплификации участка гена *PRL* использовали праймеры [9]:

*PRL* 1: 5' CGA GTC CTT ATG AGC TTG ATT CTT 3';

*PRL* 2: 5' GCC TTC CAG AAG TCG TTT GTT TTC 3'.

Частота встречаемости аллелей по генам *DGATI*, *PRL*, *BLG* и *GH* рассчитана по формулам Е. К. Меркурьевой [10]. Для оценки генетического равновесия в популяции по изучаемым генам определяли критерий хи-квадрат ( $\chi^2$ ) или критерий Пирсона [11].

Молочную продуктивность коров определяли по результатам контрольных доений. В статистическую обработку включали показатели животных, продолжительность лактации у которых была не менее 240 дней. У животных с различными генотипами по изучаемым генам учитывали удой, массовую долю жира и белка, выход молочного жира и белка за 305 дней лактации или укороченную лактацию.

Селекционно-генетические параметры основных хозяйственно-полезных признаков определяли методами биологической статистики в описании Н. А. Плохинского [12], используя при этом компьютерную программу Microsoft Excel.

Характеристика генофонда крупного рогатого скота по полиморфизму генов, связанных с показателями молочной продуктивности животных, крайне важна для создания стад с более высокими качественными показателями молока. В табл. 2 представлена генетическая структура коров красной белорусской породной группы по генам *DGATI*, *PRL*, *BLG* и *GH*. Ген *DGATI* локализован на 14-й хромосоме генома *Bos taurus* и определен как генетический маркер, влияющий на качество молока. Белок *DGATI* используется в биосинтезе липидов и связан с жирномолочностью коров [13]. Установлено (В. Grisart, 2002), что генотип *DGATI<sup>KK</sup>* является наиболее желательным, так как коровы, имеющие данный генотип, производят более жирное молоко, чем коровы с генотипами *DGATI<sup>AK</sup>* и *DGATI<sup>AA</sup>* [14]. В результате проведенных нами исследований установлено, что у коров красной белорусской породной группы выявлен лишь один генотип – *DGATI<sup>KK</sup>*, т. е. исследованная выборка коров по гену *DGATI* была мономорфная, частота аллеля *K* = 1. Полученные данные свидетельствуют о том, что стадо

хорошо отселекционировано и все животные имеют желательный по показателю жирномолочности генотип –  $DGATI^{KK}$ .

Таблица 2. Генетическая структура коров красной белорусской породной группы генов  $DGATI$ ,  $PRL$ ,  $BLG$  и  $GH$  ( $n = 104$ )

Ген	Частота встречаемости								Критерий $\chi^2$
	фактическая				ожидаемая				
	аллелей		генотипов, %		генотипов, %		генотипов, %		
$DGATI$	$A$	$K$	$KK$	$AK$	$AA$	$KK$	$AK$	$AA$	–
	–	1,0	100,0	–	–	100,0	–	–	
$GH$	$L$	$V$	$LL$	$LV$	$VV$	$LL$	$LV$	$VV$	0,1784
	0,813	0,187	66,0	32,0	2,0	66,0	30,0	4,0	
$PRL$	$A$	$B$	$AA$	$AB$	$BB$	$AA$	$AB$	$BB$	2,3142
	0,870	0,130	74,0	26,0	–	76,0	22,0	2,0	
$BLG$	$A$	$B$	$AA$	$AB$	$BB$	$AA$	$AB$	$BB$	9,2470
	0,543	0,457	22,0	65,0	13,0	29,0	50,0	21,0	

Установлен полиморфизм гена соматотропина ( $GH$ ), представленный двумя аллелями –  $GH^L$  и  $GH^V$ , при этом идентифицированы три генотипа  $GH^{LL}$ ,  $GH^{LV}$  и  $GH^{VV}$ . Среди опытных животных чаще встречались особи с генотипами  $GH^{LL}$  – 66 %,  $GH^{LV}$  – 32 %, а  $GH^{VV}$  – 2 % коров. По результатам исследований установлен полиморфизм гена пролактина ( $PRL$ ), представленный двумя аллелями –  $PRL^A$  и  $PRL^B$ , при этом идентифицированы два генотипа:  $PRL^{AA}$  и  $PRL^{AB}$ .

Среди опытных животных чаще встречались особи с генотипом  $PRL^{AA}$  – 74 %, с генотипом  $PRL^{AB}$  – 26 % особей. Что касается гена бета-лактоглобулина ( $BLG$ ), то также установлен его полиморфизм. Он представлен двумя аллелями –  $BLG^A$  и  $BLG^B$ , при этом были идентифицированы три генотипа: два гомозиготных –  $AA$  и  $BB$ , гетерозиготный –  $AB$ . Частота встречаемости особей с генотипом  $BLG^{AB}$  – 65 %, с генотипом  $BLG^{AA}$  – 22 %, а с генотипом  $BLG^{BB}$  – 13 % соответственно. В таблице представлена ожидаемая (теоретическая) частота встречаемости генотипов по гену бета-лактоглобулина ( $BLG$ ). Сравнив полученные результаты, можно отметить значительные отклонения между фактической и ожидаемой частотами встречаемости генотипов. Для оценки генетического равновесия по изучаемым генам был определен критерий хи-квадрат ( $\chi^2$ ). Анализ критерия хи-квадрат ( $\chi^2$ ) свидетельствует о том, что по гену соматотропина ( $GH$ ) и пролактина ( $PRL$ ) генетическое равновесие не нарушено, а фактическая частота встречаемости генотипов практически соответствует ожидаемой. Что касается гена бета-

лактоглобулина (*BLG*), то полученные данные свидетельствуют о нарушении генетического равновесия, что может указывать на давление искусственного отбора, т. е. на жесткую селекцию, направленную на увеличение молочной продуктивности (обильномолочности). Соотношение первотелок красной белорусской породной группы с выявленными комбинациями генотипов генов диацилглицерол О-ацил трансферазы 1 (*DGATI*), соматотропина (*GH*), пролактина (*PRL*) и бета-лактоглобулина (*BLG*) представлено на рис. 1.

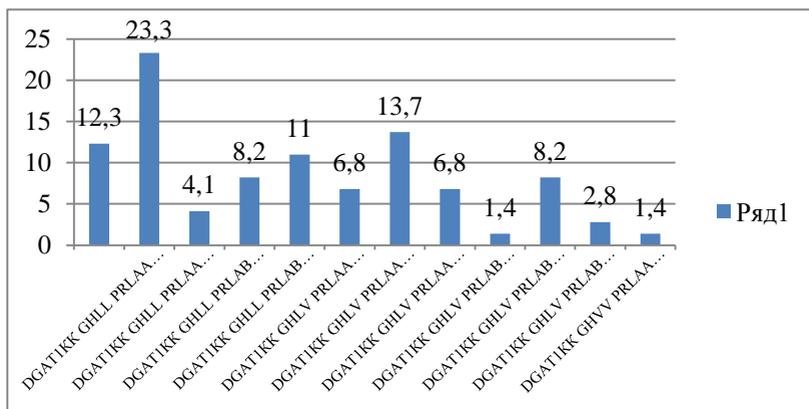


Рис. 1. Соотношение первотелок красной белорусской породной группы с выявленными комбинациями генотипов генов *DGATI*, *GH*, *PRL* и *BLG*

Анализ данных рис. 1 свидетельствует о том, что из всех протестированных первотелок наибольшее количество животных имело генотип  $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AB}$  – 23,3 % (17 голов). Всего было выявлено 12 комплексных генотипов из 18 возможных комбинаций. Так, 13,7 % первотелок, или 10 голов, имели генотип  $DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AA}BLG^{AB}$ , 12,3 %, или 9 голов, имели генотип  $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AA}$ , у 10,9 % животных, или у 8 голов, был выявлен генотип  $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AB}$ , по 6 голов, или по 8,2 % первотелок, имели генотипы  $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AA}$  и  $DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AB}BLG^{AB}$  соответственно, по 5 голов, или по 6,8 % животных, имели генотипы  $DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{A}BLG^{AA}$  и  $DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AA}BLG^{BB}$ , 3 головы, или 4,1 % первотелок, имели генотип  $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{BB}$ , у 2,7 % голов животных был генотип  $DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AB}BLG^{BB}$  и генотипы

$DGATI^{KK}GH^{LV}PRL^{AB}BLG^{AA}$  и  $DGATI^{KK}GH^{VV}PRL^{AA}BLG^{AB}$  имели по 1 животному.

В табл. 3 приведены показатели молочной продуктивности коров красной белорусской породной группы с комплексными генотипами генов диацилглицерол О-ацил трансферазы 1 ( $DGATI$ ), соматотропина ( $GH$ ), пролактина ( $PRL$ ) и бета-лактоглобулина ( $BLG$ ).

Таблица 3. Ассоциация комплекса полиморфных вариантов генов диацилглицерол О-ацил трансферазы 1 ( $DGATI$ ), соматотропина ( $GH$ ), пролактина ( $PRL$ ) и бета-лактоглобулина ( $BLG$ ) с показателями молочной продуктивности первотелок красной белорусской породной группы

№ п/п	Генотип	n	Показатели				
			Удой за 305 дней лактации, кг	Массовая доля жира, %	Количество молочного жира, кг	Массовая доля белка, %	Количество молочного белка, кг
1	$DGATI^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AA}$	9	5759,56 ± 229,89	4,23 ± 0,09	243,22 ± 10,89	3,45 ± 0,09	197,56 ± 6,63
2	$DGATI^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AB}$	17	5739,53 ± 235,81	4,34 ± 0,06	250,00 ± 12,36	3,52 ± 0,05	201,59 ± 8,21
3	$DGATI^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AA}$	6	5367,60 ± 237,66	4,01 ± 0,09	215,80 ± 12,64	3,48 ± 0,11	187,80 ± 11,91
4	$DGATI^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AB}$	8	6207,38 ± 248,84	4,04 ± 0,12	251,63 ± 11,63	3,40 ± 0,07	210,25 ± 6,40
5	$DGATI^{KK}GH^{LV}PRL^{AA}BLG^{AA}$	5	6195,60 ± 141,23	4,20 ± 0,11	260,40 ± 8,84	3,42 ± 0,10	212,20 ± 6,73
6	$DGATI^{KK}GH^{LV}PRL^{AA}BLG^{AB}$	10	5803,40 ± 248,10	4,05 ± 0,12	237,60 ± 13,63	3,33 ± 0,07	194,30 ± 11,97
7	$DGATI^{KK}GH^{LV}PRL^{AA}BLG^{BB}$	5	5556,40 ± 153,22	4,06 ± 0,20	225,60 ± 13,06	3,26 ± 0,07	187,75 ± 15,25
8	$DGATI^{KK}GH^{LV}PRL^{AB}BLG^{AB}$	6	5613,83 ± 230,10	3,95 ± 0,11	219,83 ± 9,89	3,35 ± 0,09	188,00 ± 11,74

Анализ данных, представленных в табл. 3, свидетельствует о том, что наиболее высокий удой был у первотелок красной белорусской породной группы с комплексным генотипом  $DGATI^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AB}$  – (6207,38 ± 248,84) кг и по этому показателю они превосходили первотелок, имеющих самый низкий удой (комплексный генотип  $DGATI^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AA}$  – (5367,60 ± 237,66) кг) на 15,6 % ( $P < 0,01$ ). Удой первотелок с другими полиморфными вариантами генотипов составил:  $DGATI^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AA}$  – (5759,56 ± 229,89) кг,  $DGATI^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AB}$  – (5739,53 ± 235,81) кг,  $DGATI^{KK}GH^{LV}PRL^{AA}BLG^{AA}$  – (6195,60 ± 141,23) кг,  $DGATI^{KK}GH^{LV}PRL^{AA}BLG^{AB}$  – (5803,40 ± 248,10) кг,

$DGATI^{KK}GH^{LV}PRL^{AA}BLG^{BB}$  – (5556,40 ± 153,22) кг и  $DGATI^{KK}GH^{LV}PRL^{AB}BLG^{AB}$  – (5613,83 ± 230,10) кг. По этому показателю они превосходили первотелок с комплексным генотипом  $DGATI^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AA}$ , имеющих меньший удой на 7,3 % ( $P < 0,05$ ), 6,9 ( $P < 0,05$ ), 15,4 ( $P < 0,01$ ), 8,1 ( $P < 0,05$ ), 3,5 и на 4,5 % соответственно. По массовой доле жира в молоке наиболее высокие показатели имели первотелки с комплексным генотипом  $DGATI^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AB}$  – (4,34 ± 0,06) %. По этому показателю они превосходили первотелок, имеющих такие комплексы генотипов как:  $DGATI^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AA}$  на 0,11 п. п.;  $DGATI^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AA}$  – на 0,33 п. п. ( $P < 0,01$ ), с комплексным генотипом  $DGATI^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AB}$  – на 0,30 п. п. ( $P < 0,01$ );  $DGATI^{KK}GH^{LV}BLG^{AA}$  – на 0,14 п. п. ( $P < 0,05$ );  $DGATI^{KK}GH^{LV}PRL^{AA}BLG^{AB}$  – на 0,29 п. п. ( $P < 0,01$ );  $DGATI^{KK}GH^{LV}PRL^{AA}BLG^{BB}$  – на 0,28 п. п. ( $P < 0,01$ ) и  $DGATI^{KK}GH^{LV}PRL^{AB}BLG^{AB}$  – на 0,39 п. п. ( $P < 0,01$ ) соответственно.

Что касается массовой доли белка в молоке, то наиболее высокий показатель также имели первотелки с комплексным генотипом  $DGATI^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AB}$  – (3,52 ± 0,05) %, самые низкие – первотелки с сочетанием генотипов  $DGATI^{KK}GH^{LV}PRL^{AA}BLG^{BB}$  – (3,26 ± 0,07) %. Первотелки с другими вариантами генотипов по массовой доле белка в молоке имели показатели в интервале от (3,33 ± 0,07) % до (3,45 ± 0,09) %. По количеству молочного жира и белка в молоке самые высокие качественные показатели имели первотелки с комплексным генотипом  $DGATI^{KK}GH^{LV}PRL^{AA}BLG^{AA}$  – (260,40 ± 8,84) кг и (212,20 ± 6,73) кг соответственно, самые низкие – первотелки с сочетанием генотипов  $DGATI^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AA}$  – (215,80 ± 12,64) кг и (187,80 ± 11,91) кг соответственно. У первотелок с комплексом генотипа  $DGATI^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AB}$  количество молочного жира и белка в молоке составило (250,00 ± 12,36) кг ( $P < 0,01$ ) и (201,59 ± 8,21) кг ( $P < 0,05$ ) соответственно.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Погорельский, И. А. Полиморфизм генов бета-лактоглобулина, гормона роста и пролактин и влияние их генотипов на молочную продуктивность коров / И. А. Погорельский, Г. Н. Сердюк, М. В. Позовникова / Молочное и мясное скотоводство. – 2014. – № 6. – С. 9–13.
2. Хабибрахманова, Я. А. Генный полиморфизм молочных пород скота / Я. А. Хабибрахманова, Ш. Р. Мещеров, Л. А. Калашникова // Съезд генетиков и селекционеров, посвящ. 200-летию со дня рождения Ч. Дарвина. V Съезд ВОГИС, Москва, 21–28 июня 2009 г. – Москва, 2009. – С. 110.

3. Полиморфизм генов гормона роста и пролактина в связи с признаками качества молока у крупного рогатого скота ярославской породы / И. В. Лазебная [и др.] // Сельскохозяйственная биология. – 2012. – № 2. – С. 39–44.
4. Калашникова, Л. А. Влияние полиморфизма генов молочных белков и гормонов на молочную продуктивность коров черно-пестрой породы / Л. А. Калашникова, Я. А. Хабибрахманова, А. Ш. Тинаев // Доклады РАСХН. – 2009. – № 3. – С. 49–52.
5. Маниатис, Т. Молекулярное клонирование / Т. Маниатис, Э. Фрич, Дж. Сэмбрук. – Москва: Мир, 1984. – 480 с.
6. Effects of DGAT1 variants on milk production traits in Jersey cattle / J. Komisarek [et al.] // Animal Science Papers and Reports. – 2004. – Vol. 22. – № 3. – P. 307–313.
7. Stimulated growth hormone (GH) release in Friesian cattle with respect to GH genotypes / R. Grochowska [et al.] // Respod. Nutr. – 1999. – Dev. 39. – P. 171–180.
8. Comprehensive assessment of candidate genes associated with fattening performance in Holstein-Frisian bulls / S. Ardici [et al.] // Archives Animal Breeding. – 2019. – P. 17.
9. Polymorphism of PIT-1 and Prolactin Genes and Their Effects on Milk Yield in Holstein Frisian Dairy Cows Bred in Vietnam / N. T. D. Thya [et al.]. // Russian Journal of Genetics. – 2018. – Vol. 54. – № 3. – P. 346–352.
10. Меркурьева, Е. К. Биометрия в селекции и генетике / Е. К. Меркурьева. – Москва: Колос, 1970. – 423 с.
11. Меркурьева, Е. К. Генетика с основами биометрии / Е. К. Меркурьева, Г. Н. Шангин-Березовский. – Москва: Колос, 1983. – 400 с.
12. Плохинский, Н. А. Биометрия / Н. А. Плохинский. – Москва: АН СССР, 1969. – 360 с.
13. Зиннатова, Ф. Ф. Роль генов липидного обмена (DGAT1, TG5) в улучшении хозяйственно-полезных признаков крупного рогатого скота / Ф. Ф. Зиннатова, Ф. Ф. Зиннатов // Уч. записки Казан. гос. акад. вет. мед. им. Н. Э. Баумана. – 2014. – Т. 219. – С. 164–168.
14. Positional candidate cloning of a QTL in dairy cattle: identification of a missense mutation in the bovine DGAT1 gene with major effect on milk yield and composition / B. Grisart [et al.] // Genome Research. – 2002. – Vol. 12 (2). – P. 222–231.

УДК 636.4.053.087.7

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОБМЕННОЙ ЭНЕРГИИ И ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ КОМБИКОРМОВ ДЛЯ МОЛОДНЯКА СВИНЕЙ**

**П. П. Мордечко**, канд. с.-х. наук, доцент

УО «Гродненский государственный аграрный университет»,  
Гродно, Республика Беларусь

**Аннотация.** В статье приведен материал о возможности повышения эффективности использования обменной энергии и питательных веществ кормов для молодняка свиней за счет использования эмульгатора. Дана зоотехническая и экономическая оценка применения эмульгатора кормов ДиджестФаст (Липтоза) в конкретных экономических и производственных условиях свиноводческих комплексов западного региона Республики Беларусь.