

УДК 636.2.034:636.085.6

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ, ЛИМИТИРУЮЩИЕ ПОТРЕБЛЕНИЕ КОРМА У МОЛОЧНЫХ КОРОВ (обзор)

¹Овчаренко Э.В., ²Иванов А.А., ¹Мазуров В.Н., ³Арланцева Е.Р.

¹Калужский НИИ сельского хозяйства; ²РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, Москва;
³Калужский филиал РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, Калуга, Российская Федерация

В обзоре проанализированы литературные и собственные экспериментальные данные авторов о влиянии физиологических факторов (стадия лактации, суточная продуктивность, упитанность, возраст и др.) на потребление корма у коров молочных пород. Влияние упитанности на свободное потребление корма рассматривается с трех точек зрения: 1) физические ограничения, обусловленные тем, что жир занимает определенный объем брюшной полости и конкурирует в этом отношении с рубцом; 2) интенсивная мобилизация жировых депо чревата ростом концентрации НЭЖК и кетоновых тел в крови и соответствующим торможением потребления; 3) жировая ткань выделяет в кровь гормоны (лептин) и другие биологически активные субстанции, усиливающие чувство насыщения. Использование балльной оценки кондиции (упитанности) коровы в качестве количественного показателя для оценки и прогнозирования потребления кормов наиболее эффективно в конце стельности и в начальный период лактации. При этом следует дифференцированно оценивать кондиции коровы и размеры тела, а также учитывать стадии лактации, возраст и генотипические особенности животных.

Ключевые слова: молочные коровы, упитанность, аппетит, потребление корма, прогнозирование

Проблемы биологии продуктивных животных, 2015, 1: 25-41

Введение

При эксплуатации высокопродуктивных животных часто возникают трудности в отношении того, как учесть физиологические факторы, которые лимитируют потребление кормов в количестве, адекватном расходам питательных веществ на получение фактической или планируемой продукции. Особенно это относится к кормлению высокопродуктивных молочных коров. В практике кормления коров у зоотехников нередко возникает соблазн «быстрого» повышения потребления корма, а следовательно, и увеличения удоев путем повышения доли концентратов в рационе. Однако это приводит к удорожанию рационов, ухудшению использования объемистых кормов, к нарушениям пищеварения и обмена веществ, а зачастую – к бесплодию. Поэтому усилия исследователей и практиков направлены на то, чтобы максимально повысить потребление сухого вещества кормов при минимально возможном скармливании концентратов.

Вариации потребления корма обычно ответственны за 50-75% различий в продуктивности между животными (Waldo, Jorgensen, 1981). Это наиболее важный показатель, влияющий на продуктивность животного, однако он до сих пор не полностью исследован и неэффективно используется при оптимизации рационов для молочных коров. Например, в существующих рекомендациях обычно приводят усредненные потребности коров в сухом веществе (Калашников и др., 2003), не учитывая возможные вариации потребления в зависимости от конкретного сочетания паратипических факторов. Между тем, эти вариации имеют существенное значение, поэтому в последние годы делаются попытки разработать компьютерные модели для технологического прогнозирования потребления кормов в молочном скотоводстве (Hayirly et al., 1998; Petruzzi, Danfaer, 2004; Petruzzi et al., 2004).

В литературе описано несколько версий теории регуляции аппетита для оценки и прогнозирования потребления сухого вещества при свободном доступе к корму (свободного потребления корма), в частности, основанные на учёте физического наполнения рубца как лимитирующем факторе (Allen, 1996), на представлении об обратных связях в системе метаболизма (Mertens, 1994; Illius, Jessop, 1996) или о роли поглощения кислорода (Ketelaars, Tolkamp, 1996). Учитывая сложный характер биологических механизмов регуляции потребления корма, можно полагать, что отдельно взятые теории и вычислительные модели, вероятно, эффективны для определенной области условий, тогда как в более широких границах неизбежно придётся опираться на обобщение эмпирических данных, отражающих суммарный эффект различных стимулов, регулирующих потребление (Forbes, 1996).

В данной работе ставилось целью проанализировать литературные и собственные экспериментальные данные о влиянии физиологических факторов (стадия лактации, суточная продуктивность, упитанность, возраст и др.) на свободное потребление корма у коров молочных пород.

Генотип

Хотя в данном сообщении не ставилась задача подробного анализа роли наследственных качеств (генотипа) на потребление корма, следует отметить, что при оптимальных условиях кормления и содержания потребление корма определяется способностью животного усваивать энергию, которая в определённой степени наследуется, как и потенциал продуктивности. По некоторым данным, коэффициент наследуемости потребления чистой энергии у голштинских коров с продуктивностью 5400 кг молока за лактацию составляет 0,42 (Miller et al., 1971). Важно учитывать, что потребление сухого вещества корма может сильно различаться между породами независимо от величины удоя. Наибольшее относительное потребление корма (% от ЖМ/сутки) отмечено у джерсейского скота (Brigstocke et al., 1982).

Стадия лактации, суточный удой и состав молока

В связи с большими затратами питательных веществ и энергии на молокообразование, лактация является одним из ведущих факторов, влияющих на потребление корма. В исследовании (Dado, Allen, 1995) коровы различались по величине суточного удоя в среднем на 7,8 кг; при этом животные с более высокими удоями потребляли на 6,2 кг/голову в сутки сухого вещества больше. В других опытах из всех показателей молочной продуктивности с потреблением сухого вещества наиболее тесно коррелировала величина суточных удоёв. Однако достаточно выраженной взаимосвязь между этими показателями в наших исследованиях была отмечена лишь в первый месяц лактации, затем она несколько ослабевала ($r=0,67$, $n=149$, $P<0,001$ и $0,49$, $n=249$, $P<0,05$ за первый и за второй-четвертый месяцы лактации соответственно) (Овчаренко, 1991, 2008). Рост потребления сухого вещества отставал от роста суточной молочной продуктивности; пик удоёв наблюдался примерно на шестой декаде лактации, а максимальное потребление корма – на восьмой; эту закономерность обычно связывают с отрицательным балансом энергии в начале лактации (Roche et al., 2009).

В первый месяц лактации наблюдалась более устойчивая, хотя и менее тесная взаимосвязь между потреблением корма и суточной продукцией белков молока ($r=0,594$ и $0,554$ в первый и второй-четвертый месяцы соответственно). Продукция молочного жира довольно слабо коррелировала с потреблением, слегка возрастая от первого ко второму-четвертому месяцам лактации ($r=0,11$ и $0,35$ соответственно), тогда как массовая доля жира в молоке отрицательно коррелировала с потреблением корма в первый месяц лактации ($r=-0,53$) и слабо положительно – в последующие месяцы (Овчаренко, 1991, 2008).

Такие различия во взаимосвязях между потреблением, с одной стороны, и удоями, содержанием в молоке жира и белка, с другой, можно объяснить следующим образом. При снижении уровня кормления продукция молочного жира страдает в наименьшей мере, по-

сколькo недостаток субстратов для липогенеза компенсируется поступлением жирных кислот из депо, объем которого у коров довольно велик. Однако при этом в наибольшей мере угнетается образование лактозы, синтез которой почти целиком зависит от внешних поступлений субстратов, поэтому удои снижаются (Овчаренко, 1991). При повышении же уровня кормления наблюдается перераспределение субстратов липогенеза в пользу жировой ткани, и продукция молочного жира может не повыситься или даже снизиться. С другой стороны, активность инсулярного аппарата у коров положительно связана с уровнем кормления (потреблением энергии корма). Ранее считалось, что инсулин не влияет на синтез белков в молочной железе, однако в последние годы это представление пересматривается, так как выяснилось, что при внутривенном введении инсулина на фоне нормогликемии, обеспечиваемой за счёт регулируемой инфузии глюкозы, наблюдается существенная стимуляция молокообразования и продукции белка (Bequette et al., 2002; Черепанов, Макаp, 2010). По данным (Roseler et al., 1997), при учёте суточной продукции белков молока существенно повышалась точность прогноза потребления корма с использованием функций регрессии. Ослабление же взаимосвязи между потреблением корма и удоями по ходу лактации можно объяснить снижением степени лимитирования синтеза лактозы доступностью глюкозы крови вследствие повышения уровня гликемии по мере роста потребления кормов (Овчаренко, 1991, 2008).

Поскольку суточная молочная продуктивность связана со стадиями лактации, вполне ожидаемо изменение потребления кормов по стадиям годичного цикла (лактация стандартной продолжительности + сухостойный период). Различия в свободном потреблении корма по стадиям лактации весьма существенны. И хотя в ранних официальных рекомендациях по нормированию в функциях регрессии для прогнозирования потребления использовались только данные по живой массе и удоям, в более поздних рекомендациях использовались и другие переменные, в частности, отражающие изменения потребления по стадиям лактации (ARC, 1980). В частности, для прогнозирования потребления коровами с продуктивностью 5000 кг молока за лактацию (TDMI, кг/день) предлагалось следующее регрессионное соотношение (ARC, 1980):

$$TDMI = F [0,135W^{0,75} + 0,2(Y - Y_{5000}(n))],$$

где: $Y_{5000}(n)$ – средний суточный удой за неделю n -ой лактации, когда общий удой за лактацию составляет 5000 кг; Y – суточный удой за неделю n -ой лактации: $Y = an^b e^{-cn}$; где $a = 21,4$; $b = 0,2$; $c = 0,04$; F – поправка на месяц лактации = 0,81 для 1-го месяца; 0,98 – для 2-го; 1,07 – для 3-го; 1,08 – для 4-го; 1,09 – для 5-го; 1,08 – для 6-го; 1,01 – для 7-го; 0,99 – для 8-го; 0,97 – для 9-го и 0,93 – для 10-го.

Конечно, вариации потребления корма в определенной мере ассоциируются с изменениями величины физиологической потребности, зависящей при высокой продуктивности в первую очередь от суточных удоев; тем не менее, взаимосвязь между удоями и суточным потреблением сухого вещества кормов в наших опытах снижалась во второй-пятый месяцы (Овчаренко, 1991, 2008). В работе (Hristov et al., 2004) авторы на основе анализа многолетних литературных данных пришли к выводу о весьма умеренной взаимосвязи между потреблением сухого вещества и суточными удоями у коров ($r^2 = 0,47$), а другие авторы (Martin, Sauvant, 2002) отмечали более тесную взаимосвязь ($r^2 = 0,52-0,85$). По данным (ARC, 1980), потребление в шестой и седьмой месяцы лактации превышает средний уровень за лактацию, и только на восьмой-десятый месяцы оно ниже максимального (пятый месяц) на 1-7% (за 100% принято среднее потребление за лактацию). Однако суточные удои за это время снижаются весьма существенно.

Форма лактационной кривой во второй половине лактации при свободном потреблении корма зависит от скорости естественного снижения активности и численности секреторных клеток молочной железы в результате их старения (Caruso et al., 2002) и от изменений гормонального фона, на который влияет стадия стельности (Akers, 2006). В работе (Coulon et al., 1995) авторы по ходу лактации сравнивали изменения продуктивности нестельных коров

с таковыми стельных животных. Влияние стельности на удои становилось заметным начиная с 20-й недели стельности, а также оно было более выражено у полновозрастных коров, чем у первотелок, а также у высокопродуктивных коров, по сравнению со сверстницами со средней и низкой продуктивности. По расчетам (Coulon et al. (1995), под влиянием стельности первотелки теряют около 90 кг молока за лактацию, а полновозрастные коровы – около 200 кг. В исследованиях (Bohmanova et al., 2009) снижение удоев было медленным в течение первых четырех месяцев стельности, затем ускорялось, что согласуется с данными других авторов (Druet et al., 2003; Haile-Mariam et al., 2003; Roche, 2003; Leclerc et al., 2008). Поэтому у коров, оплодотворенных вскоре после отела (т.е. имевших сравнительно короткий сервис-период), наблюдалась более слабая персистенция удоев (Brotherstone et al., 2004). То есть, при более коротком сервис-периоде стельность оказывает большее влияние на удои, чем при длинном. Поэтому при прогнозировании удоев и потребления корма рекомендуется учитывать месяц стельности и месяц лактации (Bohmanova et al., 2009).

Образующиеся на спаде и в конце лактации «ножницы» между физиологической потребностью и потреблением корма обуславливают картину, зеркально противоположную той, которая имеет место в последние дни сухостойного периода и в первые недели лактации, когда происходит интенсивное расходование тканевых резервов. При запуске коровы сознательно снижают уровень кормления для облегчения прекращения секреции молока. Пониженный уровень кормления поддерживается в течение одной-двух недель. На протяжении значительной части сухостойного периода корова полностью лишается «молокогонных» кормов, дабы не спровоцировать молокообразование и отеки вымени.

Следует учитывать, что наблюдающиеся сдвиги в потреблении корма особенно заметны в первый месяц лактации и в последний месяц стельности. В наших опытах именно в первый месяц лактации наблюдалась очень тесная корреляция между потреблением и количеством дней после отела ($r=0,80$, $n=149$) (Овчаренко, 1991, 2008). При анализе факторов, тормозящих потребление корма у новотельных коров, следует также учитывать изменения морфологии слизистой оболочки рубца, происходящие в сухостойный период: сосочки слизистой оболочки укорачиваются, и в значительной мере ослабевает их способность всасывать летучие жирные кислоты из полости рубца. Восстановление же длины сосочков под влиянием высококонцентратных рационов после отела происходит в течение нескольких недель. Так же медленно адаптируется к высококонцентратным рационам и рубцовая микрофлора (Dirksen et al., 1985; NRC, 2001).

Упитанность коров в сухостойный период

Особенности кормления в сухостойный период и кондиции к моменту отела оказывают решающее влияние на здоровье и продуктивность коровы в последующую лактацию. Очень низкое потребление корма наблюдается в последние недели сухостойного периода и в первые дни и недели после отела; так, корова с живой массой около 700 кг потребляет в день немногим более или даже менее 10 кг сухого вещества кормов (Weber et al., 2013). По данным (Ingvartsen et al., 1992), во время последних 14 недель стельности у нетелей датской черной и белой пород наблюдается снижение потребления сухого вещества на 1,5% в неделю. По другим данным, в течение последних трех недель стельности потребление сухого вещества снижается на 32%, причем 89% этого снижения приходится на последнюю неделю стельности (Nayirli et al., 2002).

Разумеется, прекращение молокообразования – важная причина снижения потребностей коровы в питательных веществах и энергии. Искусственное снижение питательности рациона при запуске и в первую неделю (декаду) сухостойного периода также вносят свой вклад в снижение потребления в сухостойный период, однако в последнее время установлены и другие причины гипофагии в этом физиологическом состоянии. В наиболее ранних работах причину такого низкого потребления в «переходный период» (transition period) усматривали в

том, что перед отелом матка, а с ней несжимаемые ткани внутреннего жира физически сдавливают рубец, занимая значительный объем в брюшной полости, ограниченной практически нерастягивающейся стенкой (Vines et al., 1969). По мере приближения дня отела потребление сухого вещества снижается вплоть до момента отела (Ingvartsen, Andersen, 2000; Keady et al., 2001; Hayirli et al., 2002; Rastani et al., 2005). При этом выявлена следующая закономерность: чем выше потребление в начале периода, тем сильнее снижается потребление к моменту отела (Ingvartsen, Andersen, 2000; Rabelo et al., 2003; Kokkonen, 2005). Более того, оказалось, что при кормлении по потребностям для сухостойных коров или ниже таковых, потребление в последнюю часть сухостойного периода не снижается или снижается незначительно. Такая разница в кормлении в сухостойный период (или во вторую половину лактации) имела и более отдаленные последствия: коровы, отелившиеся со сравнительно низкой упитанностью, потребляли во время лактации больше корма (Dewhurst et al., 2002; Contreras et al., 2004) и проявили более высокую молочную продуктивность (Contreras et al., 2004). О возможном влиянии упитанности животных на потребление корма высказывались еще Клод Бернар и Чарльз Дарвин.

Было предложено регрессионное соотношение (Reid, Robb, 1971), выражающее зависимость массы содержимого пищеварительного тракта (y , % к массе тела), от содержания жира в теле без содержимого желудочно-кишечного тракта (x , %): $y = 31,2 - 0,626x$. Из этого соотношения следует, что в расчете на каждый добавочный процент содержания жира в теле доля в организме содержимого желудочно-кишечного тракта снижается на 0,626%. По данным (Fox et al., 1988), полученным на мясном скоте, на каждый процент повышения содержания жира в теле потребление сухого вещества корма снижается на 2,7%.

В исследовании, проведенном с использованием измерений содержания изотопа K^{40} у молочных коров со средней живой массой 540-660 кг, было установлено, что при нормальной упитанности содержание жира даже превосходит таковое белка: в разные периоды лактации и стельности содержание жира и белка составило 136-194 и 93-109 кг соответственно (Belyea et al., 1978). То есть, масса жира в теле коров велика, изменения в содержании жира может достигать 50 кг и более, а белка – 16 кг. В процессе селекции коровы вместе с повышенной продуктивностью приобрели (или не потеряли) способность накапливать, а в начале лактации – расходовать большие объемы тканевых резервов жира. Существенное влияние на содержание жира в теле и упитанность коровы оказывают возраст, сезон отела и уровень кормления в различные периоды лактации и стельности (Roche, 2009). Последнее особенно опасно, поскольку излишняя упитанность к началу лактации часто сопровождается (или приводит) к нарушениям обмена веществ – кетозам, жировому перерождению печени (Душкин, 2012; Weber et al., 2013), воспроизводительной способности (Pryce et al., 2001; van Straten et al., 2009; Мазуров и Иванов, 2010), к ослаблению иммунитета (Graunard et al., 2013) и спаду продуктивности (Roche et al., 2009).

Большинство исследователей придерживаются мнения о существовании отрицательной связи между упитанностью коров и потреблением ими сухого вещества кормов в начале лактационного периода (Roche et al., 2009). Из-за этого потери упитанности после отела и величина отрицательного баланса энергии увеличиваются при повышенных кондициях к моменту отела (Ingvartsen, Andersen, 2000; Roche et al., 2009; Graunard et al., 2013; Weber et al., 2013). В наших опытах (Овчаренко, 2008) самое низкое потребление корма наблюдалось при наиболее интенсивной мобилизации, оцененной по балансу энергии в первый месяц лактации ($r=0,56$, $n=135$, $P<0,001$). Вполне вероятно, что на текущем потреблении отрицательно сказывается не только и не столько большая масса жировой ткани, сколько ее интенсивная мобилизация, приводящая к повышению концентрации в крови НЭЖК и кетоновых тел.

В настоящее время известны несколько способов избежать «обвальной» мобилизации жира, а также снижения потребления (трудно сказать, что здесь первично) в конце сухостойного периода и в начале лактации. До сих пор самый распространенный способ – это недопущение излишнего накопления жира в теле коровы уже на спаде лактации, а если это невоз-

можно, то в сухостойный период. Для этого ограничивают скармливание концентратов в течение большей части сухостойного периода, и лишь в самый поздний предотельный период (две-три недели) количество их повышают (Contreras et al., 2004; Overton, Valdron, 2004). Такая тактика преследует тройную цель: 1) недопущение слишком ранней и слишком интенсивной мобилизации за счёт поставки большего количества глюкогогенных углеводов, 2) возможно большее потребление сухого вещества, и 3) адаптация и подготовка рубцовой микрофлоры к предстоящей смене рациона (Overton, Valdron, 2004). При этом балльная оценка верхнего предела допустимых кондиций, на наш взгляд, претерпела в последние десятилетия некоторое снижение. Если в обзоре (Garnsworthy, 1988) указывалась, что оптимальная упитанность коров к началу лактации должна быть в пределах 3,0-3,5 баллов, то в последующих работах рекомендуется 3,0-3,25 балла по пятибалльной шкале (Roche et al., 2009). В работе (Contreras et al., 2004) авторы сравнивали потребление корма после отела в двух группах коров с упитанностью 3,0 и 3,25 балла. Большие величины потребления и более высокую продуктивность наблюдали у менее упитанных коров. Такое искусственное снижение упитанности представляется вполне логичным, поскольку дефицит энергии в начале лактации непрерывно растёт вследствие повышения продуктивности животных.

Зачастую излишнюю упитанность корова может набрать при кормлении вволю в сухостойный период, поэтому предлагается сухостойный период сократить по сравнению с традиционными 56-60 днями, что и было осуществлено в работе (Rastani et al., 2005). В результате укорочения сухостойного периода коровы опытной группы в начале лактации имели более низкие кондиции и потребляли больше сухого вещества кормов по сравнению с контролем. Тем не менее, продуктивность была выше у коров контрольной группы. С другой стороны, следует отметить, что данные о влиянии укорочения сухостойного периода на продуктивность довольно противоречивы (Rastani et al., 2005).

Альтернативный способ ослабления мобилизации жира со всеми вытекающими последствиями заключается в снижении выделения энергии с молоком за счёт угнетения синтеза молочного жира при скармливании коровам препаратов изомера *trans*-10, *cis*-12-линолевой кислоты (Castaneda-Gutierrez et al., 2005).

Количественные данные получены на нетелях и полновозрастных коровах в течение последних 21 дней стельности (Hayirly et al., 1998), на основании которых получены регрессионные зависимости потребления сухого вещества (ПСВ, % от живой массы в день) от сроков стельности (t , число дней стельности):

$$\text{для нетелей: ПСВ} = 1,71 - 0,69 \exp(0,35 t); \text{ для коров: ПСВ} = 1,97 - 0,75 \exp(0,16 t).$$

Тем не менее, роль жировой ткани у стельных коров не исчерпывается только оккупацией брюшной полости и сжатием рубца. Во-первых, при отеле из брюшной полости удаляется амниотическая жидкость, плод и плодные оболочки, у голштинских коров в сумме составляющие около 70 кг. Исчезновение такой массы (объема) должно было бы привести к быстрому росту потребления уже в первые дни после отела, если бы сжатие рубца было главной причиной снижения потребления (Ingvarstsen, Andersen, 2000), однако этого не происходит. По-видимому, роль физических факторов в данном случае преувеличена, и метаболические и эндокринные факторы также играют определенную роль (Forbes, 1986, 1996; Ingvarstsen et al., 1999). Важно учитывать, что высокая упитанность (кондиции) коровы стимулирует мобилизацию, в том числе и через посредство эндокринной системы (например, снижая чувствительность жировой ткани к инсулину), подавляя аппетит, что ведет к еще большей мобилизации; сильное влияние на эти процессы оказывают гормоны, в том числе соматотропин и лептин (Roche et al., 2003, 2009; Weber et al., 2013). Уровень плацентарного эстрогена в плазме крови повышается по мере приближения отела. Известно, что инъекции эстрогена снижают потребление сухого вещества (Grummer et al., 1990).

Изменения в обмене веществ в переходный период также могут вызвать снижение потребления корма. Известно, что в последние дни перед отелом, когда происходит интенсив-

ное накопление молозива, уровень кальция в крови снижается. Гипокальциемия может вызвать ослабление мышечного тонуса, отрицательно влияя на моторику рубца, перистальтику кишечника и скорость перехода содержимого в нижележащие отделы желудочно-кишечного тракта (Jorgensen et al., 1998; Nara et al., 2003). В пользу гипотезы о влиянии гипокальциемии на потребление сухого вещества непосредственно до- и вскоре после отела свидетельствуют данные (Marquardt et al., 1977), согласно которым у коров, подверженных родильному парезу, потребление сухого вещества снижалось в день отела до 2,34 кг/голову, тогда как у не подверженных парезу – до 5,95 кг. Аналогично, концентрация кальция и фосфора в плазме крови у животных, подверженных парезу, была ниже, а магния – выше, чем у не страдающих этим нарушением обмена. В последующем было показано, что в день непосредственно перед отелом (Soriani et al., 2012) и в день отёла (Bar, Solomon, 2010; Pahl et al., 2014) у коров снижается продолжительность жвачки.

За последние 15-20 лет было установлено, что жировая ткань – это весьма сложный эндокринный орган. Среди большого числа известных гормонов, продуцируемых адипоцитами, лептин является главным регуляторным сигналом для потребления сухого вещества кормов (Roche et al., 2009). Вероятно, жировая ткань играет интегрирующую роль в регуляции свободного потребления корма, а синтез лептина регулируется внешними факторами и другими гормональными стимулами, которые сами по себе чувствительны к метаболическому статусу (Roche et al., 2009).

Из вышеизложенного следует, что показатель упитанности (кондиции), от которой зависит потенциал мобилизации жира коровы, может быть использован для оценки и прогнозирования потребления кормов коровами в начальный период лактации. Однако следует различать зависимость потребления от размеров коровы, с одной стороны, и от ее упитанности – с другой, поскольку зависимость потребления от этих факторов имеет разную направленность: от размеров она положительна, тогда как от упитанности – отрицательна. Следовательно, проблема состоит в том, как дифференцированно оценивать влияние на потребление корма кондиции коровы и (или) размеров тела.

Живая масса и возраст

При анализе данных о потреблении сухого вещества, приведенных английскими (ARC, 1980) и американскими (NRC, 1989) авторами, на первый взгляд может показаться, что различия по живой массе оказывают на потребление гораздо большее влияние, чем различия по удою. Эти данные, по-видимому, следует трактовать следующим образом. Если сравнивать двух коров одинаковой продуктивности, на одной и той же стадии лактации и стельности, одинаковой упитанности, то окажется, что более крупная корова (или с большей живой массой) способна потреблять больше корма. Если же сравнивать двух коров с одинаковой живой массой, упитанности, на одной стадии лактации и стельности, то корова, продуцирующая в данный период больше молока, способна к большему потреблению корма.

В табл. 1 приведены данные о потреблении сухого вещества кормов коровами разной живой массы. В расчете на 1 кг ЖМ потребление снижается по мере роста животных. Однако потребление на единицу обменной массы практически одинаково у всех приведенных в качестве примера животных. Живую массу коров связывают с двумя параметрами: во-первых, с размерами, во-вторых, с упитанностью животного. Потребление сухого вещества кормов повышается на 1 кг в день на каждые 50 кг увеличения живой массы коровы (Vines, 1986). По другим данным, корова, имеющая на 100 кг больше массы, потребляет в день сухого вещества на 0,8 кг больше (Kirchgessner et al., 1984). При увеличении живой массы на 100 кг потребление сухого вещества возрастает на 0,6-1,2 кг, а при скармливании хорошо переваримых грубых кормов – даже на 1,8-2,0 кг.

Опытным путем установлено, что среднесуточное потребление сухого вещества при живой массе 450, 590 и 730 кг и удоях 9,1 кг скорректированного по жиру молока составляет

соответственно 2,4, 2,3 и 2,1% от живой массы, при удое 18,2 кг – 2,8, 2,7 и 2,4%; при 27,3 кг – 3,3, 3,1 и 2,8%; при 36,4 кг – 3,8, 3,5 и 3,2% и при 46 кг – 4,1, 3,8 и 3,5%. Важно, что селекция коров по их способности потреблять грубые корма ведется, и прежде всего эту способность связывают с размерами коров, а значит, с живой массой (Panicke, Beilig, 1988).

Таблица 4. Потребление СВ травы коровами в зависимости от массы тела⁺

Количество коров	Средняя ЖМ, кг	Потребление сухого вещества, в сутки			Нетто-энергия, МДж
		на голову, кг	на 100 кг ЖМ, кг	На 1 кг ЖМ ^{0,75} , г	
20	464	9,6	2,07	96	56,2
22	569	11,3	1,99	97	66,3
16	676	12,0	1,87	95	73,3

Примечания: ⁺по: Пиатковский, Пьянов, 1997; ЖМ – живая масса; СВ – сухое вещество.

Конечно, с увеличением живой массы возрастают поддерживающие потребности животного (в т.ч., например, в энергии – пропорционально живой массе в степени 0,75). Однако в отношении высокопродуктивных коров это не играет решающей роли, поскольку общие потребности у них в основном определяются уровнем молочной продуктивности. Более того, если изменения живой массы коровы обусловлены только её упитанностью, то живая масса связана с потреблением обратной зависимостью. В наших опытах (Овчаренко, Медведев, 1982, 1987; Овчаренко, 1991, 2008) в первый и второй месяцы лактации взаимосвязь между потреблением сухого вещества и живой массой была слабо положительной ($r=0,29$, $n=135$, $P<0,002$ и $r=0,29$, $n=130$, $P<0,001$ соответственно), и только на третьем месяце она стала более выраженной ($r=0,488$, $n=36$, $P<0,01$). В целом же за три первых месяца лактации она оказалась довольно слабой ($r=0,29$, $n=301$, $P<0,001$), т.е. обусловила менее 10% вариаций потребления сухого вещества. Увеличение корреляции между живой массой и потреблением на третьем месяце лактации, видимо, объясняется тем, что в этот период живая масса коров в большей мере обусловлена большей долей в организме метаболически активных тканей (мышцы, печень и др.) из-за значительных потерь жира, имеющих место у лактирующих коров. Кроме того, количество жира в организме само по себе отрицательно связано с потреблением сухого вещества кормов.

Мы также сравнивали потребление корма первотелками и полновозрастными коровами по мере удаления от момента отела, в первую треть лактации. Оказалось, что хотя возраст животных и оказывал существенное влияние на их массу, потребление корма в первые 10 дней лактации между группами не различалось.

Во вторую-третью декаду различия были наибольшими, затем постепенно сглаживались. Если в течение третьего месяца по сравнению со вторым потребление у полновозрастных коров повысилось лишь на 0,11 кг, то у первотелок – на 1,15 кг. Можно полагать, что в первые 10 дней потребление корма лимитировали другие факторы, например, концентрация кальция в крови. Поэтому первотелки, которые, как известно, не подвержены послеотельной гипокальциемии (NRC, 2001), при меньшей живой массе в первую декаду лактации потребляли столько же корма, как и более старшие коровы. Более выраженные изменения потребления у полновозрастных коров по сравнению с первотелками объясняются, по нашему мнению, в том числе или в первую очередь изменениями их упитанности. Важное отличие первотелок от полновозрастных коров в том, что хотя их кондиции при отеле обычно бывают выше (Bergu et al., 2006; Roche et al., 2003, 2009), однако по интенсивности и продолжительности мобилизации тканевых резервов жира они уступают полновозрастным коровам (Gallo et al., 1996; van Knegsel et al., 2007; van Stratén et al., 2008, 2009; Roche et al., 2009), что может содействовать более устойчивому потреблению кормов первотелками.

Кроме того, внешний вид коровы, который влияет на отнесение её к тому или иному классу упитанности, не всегда дает возможность объективно оценить содержание жира в организме или его динамику: можно впасть в ошибку из-за того, что у коров висцеральная жи-

ровая ткань обладает большей активностью, чем подкожный жир, т.е. внутренний жир в первую очередь и в большей мере мобилизуется при дефиците энергии, и он же в большей мере накапливается при ее избытке (Drackley, Andersen, 2006; Baldwin et al., 2007; Akter et al., 2011). Отличительной особенностью первотелок, по сравнению с полновозрастными коровами, является их неспособность эффективно восстанавливать кондиции во второй половине лактации, что можно объяснить продолжающимся ростом (Roche et al., 2009), Однако в некоторых исследованиях получены и противоположные результаты. Так, в опытах (van Straten et al., 2008), проведенных на коровах разного возраста, первоначальная скорость потерь живой массы была одинаковой во всех группах, но первотелки в целом теряли относительно меньше массы из-за сравнительно более короткого периода потерь по сравнению с полновозрастными коровами. Более того, после достижения низшей точки кривой, описывающей изменения живой массы, первотелки восстанавливали живую массу быстрее по сравнению с более старшими коровами.

В характере распределения жира и его динамике также наблюдаются различия между породами. У голштинов в меньшей степени образуется жировой полив, чем у животных мясных пород (Миниш, Фокс, 1986). Даже между породами молочного направления продуктивности в этом отношении имеют место различия: период отрицательного баланса энергии после отела у джерсейских коров короче, чем у голштинских; кроме того, у джерсейских коров, в отличие от голштинских, наблюдалась положительная взаимосвязь между толщиной подкожного жира и упитанностью (Rastani et al., 2001).

Из вышеизложенного следует заключить, что для потребления корма очень важное значение имеет упитанность животного, т.е. объем тканевых резервов жира. Поэтому некоторые исследователи считают, что оценка упитанности по баллам более реалистична для оценки резервов тела, чем определение живой массы (Черепанов и др., 2001; Kokkonen, 2005; Toshniwal et al., 2008), хотя авторы отмечают, что глазомерная оценка кондиций более субъективна и требует больших затрат времени. При этом влияние упитанности на свободное потребление корма рассматривается с трех точек зрения: 1) физические ограничения, обусловленные тем, что жир занимает определенный объем брюшной полости и конкурирует в этом отношении с рубцом; 2) поскольку прирост жировой ткани не может длиться неопределенно долго, любое замедление прироста, а тем более – мобилизация жировых депо чреватые ростом концентрации НЭЖК и кетоновых тел в крови и соответствующим торможением потребления; 3) жировая ткань выделяет в кровь гормоны (в т.ч. лептин) и другие биологически активные субстанции, усиливающие чувство насыщения. В характере распределения жира в теле и его динамике наблюдаются различия между породами. В расчете на 1 кг живой массы потребление корма снижается по мере роста животных, но в расчёте на единицу обменной массы (ЖМ^{0,75}) сохраняется практически на постоянном уровне. Кондиции (упитанность) коровы являются показателем, который может быть использован для оценки (прогнозирования) потребления кормов коровами в начальный период лактации. При этом следует различать зависимость потребления от размеров коровы, с одной стороны, и от ее упитанности – с другой, поскольку с размерами потребление (% от массы) находится в положительной взаимосвязи, тогда как с упитанностью – в отрицательной. Следовательно, важно дифференцированно оценивать кондиции коровы и размеры тела, а также учитывать стадии лактации, возраст и генотипические особенности животных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Душкин Е.В. Жировая дистрофия печени у молочных коров (методическое пособие). – Краснодар: СКНИИЖ, 2012. – 27 с.
2. Калашников А.П., Фисинин В.И., Щеглов В.В., Первов Н.Г. (ред.). Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных. Справочное пособие. – М., 2003. – 455 с.
3. Мазуров В.Н., Иванов В.Н. Легкость отелов и показатели продуктивности при промышленном

- скрещивании новых типов мясного скота с молочными коровами. – Проблемы биологии продуктивных животных. – 2010. – № 2. – С. 73-79.
4. Миниш Т., Фокс Д. Производство говядины в США: Мясное скотоводство. – М.: Агропромиздат, 1986. – 479 с.
 5. Овчаренко Э.В. Физиологические основы питания и молокообразования у коров в ранний период лактации в связи с уровнем и качеством энергии и протеина в рационе: автореф. дисс... докт. биол. наук. – Боровск, 1991. – 48 с.
 6. Овчаренко Э.В. Взаимосвязь показателей молочной продуктивности с потреблением корма и балансом энергии у коров // В сб.: Мат. 4-го межд. симпозиума «Современные проблемы ветеринарной диетологии и нутрициологии». – Санкт-Петербург, 2008. – С. 367-369.
 7. Овчаренко Э.В., Медведев И.К. Регуляция потребления корма у коров // В сб.: Энергетическое питание с.-х. животных. – М.: Колос, 1982. – С. 90-100.
 8. Овчаренко Э.В., Медведев И.К. Обмен энергии у коров в период раздоя // Труды ВНИИФБиП с.-х. животных. – 1987. – Т. 32. – С. 45-55.
 9. Пиатковский Б., Пьянов В.Д. Пищевое поведение, аппетит и его регуляция. Потребление питательных веществ // В кн: Обмен веществ у жвачных животных. – М.: НИЦ Инженер, 1997. – С. 11-26.
 10. Черепанов Г.Г., Медведев И.К., Макара З.Н., Кальницкий Б.Д. О биологических резервах и ограничениях в совершенствовании молочного скота (к построению модели высокопродуктивной молочной коровы). – С.-х. биология. – 2001. – 4. – С. 3-22.
 11. Черепанов Г.Г., Макара З.Н. Исследование физиологических механизмов, лимитирующих молочную продуктивность при стимуляции лактопоза у продуктивных жвачных животных // Проблемы биологии продуктивных животных. – 2010. – № 2. – С. 80-96.
 12. Akers R.M. Major advances associated with hormone and growth factor regulation on mammary growth and lactation in dairy cows // J. Dairy Sci. – 2006. – Vol. 89. – No. 4. – P. 1222-1234.
 13. Akter S.H., Häussler S., Dänicke S., Müller U., von Soosten D., Rehage J., Sauerwein H. Physiological and conjugated linoleic acid-induced changes of adipocyte size in different fat depots of dairy cows during early lactation. – J. Dairy Sci. – 2011. – Vol. 94. – No. 6. – P. 2871-2882.
 14. Allen M.S. Physical constraints on voluntary intake of forage by ruminants // J. Anim. Sci. – 1996. – Vol. 74. – P. 3063-3075.
 15. ARC (Agricultural Research Council Working Party). The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock. – Slough: Technical Reviews by Agricultural Bureaux, Farnham Royal, 1980. – 351 p.
 16. Baldwin R.L., McLeod K.R., McNamara J.P., Elasser T.H., Baumann R.G. Influence of abomasal carbohydrates on subcutaneous, omental, and mesenteric adipose lipogenic and lipolytic rates in growing beef steers // J. Anim. Sci. – 2007. – Vol. 85. – No. 5. – P. 2271-2282.
 17. Bar D., Solomon R. Rumination collars: What can they tell us? // In: Proc. First N. Am. Conf. Precision Dairy Management. – Toronto, 2010. – P. 214-216.
 18. Belyea R.L., Frost G.R., Martz F.A., Forkner R.G. Body composition of dairy cattle by potassium-40 liquid scintillation detection // J. Dairy Sci. – 1978. – Vol. 61. – No. 2. – P. 206-211.
 19. Bequette B.J., Kyle C.E., Crompton L.A., Hanigan M.D. Protein metabolism in lactating goats subjected to insulin clamp // J. Dairy Sci. 2002. – Vol. 85. – P. 1546-1555.
 20. Berry D.P., Veerkamp R.F., Dillon P. Phenotype profiles for body weight, body condition score, energy intake, and energy balance across different parities and concentrate feeding levels // Livest. Sci. – 2006. – Vol. 104. – P. 1-12.
 21. Bines J.A. Complete diets // In: Broster W.H. (Ed.) Principles and practice of feeding dairy cows. – NIRD Techn. Bull. – 1986. – No. 8. – P. 164-175
 22. Bines J.A., Suzuki S., Balch C.C. The quantitative significance of long-term regulation of food intake in the cow // Brit. J. Nutr. – 1969. – Vol. 23. – P. 695-704.
 23. Bohmanova J., Jamrozik J., Miglior F. Effect of pregnancy on production traits of Canadian Holstein cows // J. Dairy Sci. – 2009. – Vol. 92. – No. 6. – P. 2947-2959.
 24. Brigstocke T.D.A., Lindeman M.A., Cuthbert N.H., Wilson P.N., Cole J.P.L. A note on the dry-matter intake of Jersey cows // Animal Production. – 1982. – Vol. 35. – P. 285-287.
 25. Brotherstone S., Thompson R., White I.M.S. Effects of pregnancy on daily milk yield of Holstein-Friesian dairy cattle // Livest. Prod. Sci. – 2004. – Vol. 87. – P. 265-269.

26. Capuco A.V., Ellis S.E., Hale S.A., Long E., Erdman R. Zhao X., Paape M.J. Lactation persistency. Insights from mammary cell proliferation studies // *J. Anim. Sci.* – 2002. – Vol. 81. – Suppl. 3. – P. 18-31.
27. Castañeda-Gutiérrez E., Overton T.R., Butler W.R., Bauman D.E. Dietary supplements of two doses of calcium salts of conjugated linoleic acid during the transition period and early lactation // *J. Dairy Sci.* – 2005. – Vol. 88. – No. 3. – P. 1078-1089.
28. Contreras L.L., Ryan C.M., Overton T.R. Effects of dry cow grouping strategy and prepartum body condition score on performance and health of transition dairy cows // *J. Dairy Sci.* – 2004. – Vol. 87. – No. 2. – P. 517-523.
29. Coulon J.R., Perochon L., Lescouret F. Modelling the effect of the state of pregnancy on the dairy cows milk yield // *Anim. Sci.* – 1995. – Vol. 60. – P. 401-408.
30. Dado R. G., Allen M.S. Intake limitation, feeding behavior, and rumen function of cows challenged with rumen fill from dietary fiber or inert bulk // *J. Dairy Sci.* – 1995. – Vol. 78. – No. 1. – P. 118-133.
31. Dewhurst R.J., Moorby J.M., Dhanoa M.S., Evans R.T., Fisher W.J. Effects of altering energy and protein supply to dairy cows during the dry period. 1. Intake, body condition, and milk production // *J. Dairy Sci.* – 2000. – Vol. 83. – No. 8. – P. 1782-1794.
32. Dirksen G.U., Liebich H.G., Mayner E. Adaptive changes of the ruminal mucosa and their functional and clinical significance // *Bovine Pract.* – 1985. – Vol. 20. – P. 116-120.
33. Drackley J.K., Andersen J.B. Splanchnic metabolism of long-chain fatty acids in ruminants // In: *Ruminant physiology: digestion, metabolism and impact of nutrition on gene expression, immunology and stress* (K. Sejrsen, T. Hvelplund, M.O. Nielsen, Eds). – Wageningen: Academic Publishers, 2006. – P. 199-224.
34. Druet T., Lafflreziec F., Boichard D., Ducrocq V. Modeling lactation curves and estimation of genetic parameters for first lactation test-day records of French Holstein cows // *J. Dairy Sci.* – 2003. – Vol. 86. – P. 2480-2490.
35. Forbes J.M. *The voluntary food intake of farm animals.* – London: Butterworth, 1986: 206 p.
36. Forbes J.M. Integration of regulatory signals controlling forage intake in ruminants // *J. Anim. Sci.* – 1996. – Vol. 74. – P. 3029-3035.
37. Fox D.G., Sniffen C.J., O'Connor J.D. Adjusting nutrient requirements of beef cattle for animal and environmental variations // *J. Anim. Sci.* – 1988. – Vol. 66. – P. 1475-1495.
38. Gallo L., Carnier P., Cassandro M., Mantovani R., Bailoni L., Contiero B., Bittante G. Change in body condition score of Holstein cows as affected by parity and mature equivalent milk yield // *J. Dairy Sci.* – 1996. – Vol. 79. – No. 6. – P. 1009-1015.
39. Garnsworthy P.C. The effect of energy reserves at calving on performance of dairy cows // In: *Nutrition and lactation in the dairy cows* (Ed. P.C. Garnsworthy). – London: Butterworths, 1988. – P. 157-170.
40. Graunard D.E., Moyes K.M., Trevisi E., Khan M.J., Keisler D., Drackley J.K., Bertoni G., Looor J.J. Liver lipid content and inflammometabolic indices in peripartal dairy cows are altered in response to prepartal energy intake and postpartal intramammary inflammatory challenge // *J. Dairy Sci.* – 2013. – Vol. 96. – No. 2. – P. 918-935.
41. Grummer R. R., Bertics S.J., LaCount, D.W., Snow J.A., Dentine M.R., Stauffacher R.H. Estrogen induction of fatty liver in dairy cattle // *J. Dairy Sci.* – 1990. – Vol. 73. – No. 6. – P. 1537-1543.
42. Haile-Mariam M., Bowman P.J., Goddard M.E. Genetic and environmental relationship among calving interval, survival, persistency of milk yield and somatic cell count in dairy cattle // *Livest. Prod. Sci.* – 2003. – Vol. 80. – P. 189-200.
43. Hara S., Ikegaya Y., Jorgensen R.J., Sasaki J., Natamura M., Tomizawa N. Effect of induced subclinical hypocalcemia on the motility of the bovine digestive tract // *Acta Vet. Scand.* – 2003. – Vol. 98(Suppl). – P. 251.
44. Hayirly A., Grummer R.R., Nordheim E., Crump P. Animal and dietary factors affectin feed intake during the prefresh transition period in Holsteins // *J. Dairy Sci.* – 2002. – Vol. 85. – No. 12. – P. 3430-3443.
45. Hayirly A., Grummer R.R., Nordheim E., Crump P., Beede D.K., Van de Haar M.J., Kilmer L.H. A mathematical model for describing dry matter intake of transition cows // *J. Dairy Sci.* – 1998. – Vol. 81. – Suppl. 1. – P. 296.
46. Hristov A.N., Price W.J., Shafil B. Meta-analysis examining the relationship among dietary factors, dry matter intake and milk protein yield in dairy cows // *J. Dairy Sci.* – 2004. – Vol. 87. – No. 7. – P. 2184-2196.

47. Illius A.W., Jessop N.S. Metabolic constraints on voluntary intake in ruminants // *J. Anim. Sci.* – 1996. – Vol. 74. – P. 3052-3062.
48. Ingvarsten K.L., Andersen J.B. Integration of metabolism and intake regulation: A review focusing on periparturient animals // *J. Dairy Sci.* – 2000. – Vol. 83. – No. 7. – P. 1573-1597.
49. Ingvarsten K.L., Andersen H.R., Foldager J. Effect of sex and pregnancy on feed intake capacity of growing cattle // *Acta Agric. Scand. (Sect. A)*. – 1992. – Vol. 42. – P. 40-46.
50. Ingvarsten K.L., Friggens N.C., Favardin F. Feed intake regulation in late pregnancy and early lactation // *Br. Soc. Anim. Sci. Occ. Publ.* – 1999. – Vol. 24. – P. 37-54.
51. Jorgensen R.J., Nyengaard N.R., Hara S., Enemark J.M., Andersen P.H. Rumen motility during induced hyper- and hypocalcaemia // *Acta Vet. Scand.* – 1998. – Vol. 39. – P. 331-338.
52. Keady T.W.J., Mayne C.S., Fitzpatrick D.A., McCoy M.A. Effect of concentrate feed level in late gestation on subsequent milk yield, milk composition, and fertility of dairy cows // *J. Dairy Sci.* – 2001. – Vol. 84. – No. 6. – P. 1468-1479.
53. Ketelaars J.J., Tolkamp B.J. Oxygen efficiency and the control of energy flow in animals and man // *J. Anim. Sci.* – 1996. – Vol. 74. – P. 3036-3051.
54. Kokkonen T. Energy and protein nutrition of dairy cows during the dry period and early lactation: Production performance and adaptation from pregnancy to lactation // *Acad. Dissertation, Helsinki, 2005.* – 56 p.
55. Leclerc H., Duclos D., Barbat A., Druet T., Ducrocq V. Environmental effects on lactation curves included in a test-day model genetic evaluation // *Animal.* – 2008. – No. 2. – P. 344-353.
56. Marquardt J.P., Horst R.L., Jorgensen N.A. Effect of parity on dry matter intake at parturition in dairy cattle // *J. Dairy Sci.* – 1977. – Vol. 60. – No. 6. – P. 929-934.
57. Mertens D.R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows // *J. Dairy Sci.* – 1997. – Vol. 80. – No. 7. – P. 1463-1481.
58. Miller R.H., Hooven N.W., Smith J.W., Creegan M.E. Feed consumption differences among lactating cows // *J. Dairy Sci.* – 1971. – Vol. 55. – No. 4. – P. 454-459.
59. NRC. Feed intake // In: National Research Council. *Nutrient Requirements of Beef Cattle.* – Washington: National Academy Press, 1996. – P. 85-96.
60. NRC. National Research Council. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th Revised Edition.* – 2001, Washington: National Academy Press. – 381 p.
61. Overton T.R., Waldron M.R. Nutritional management of transition dairy cows: Strategies to optimize metabolic health // *J. Dairy Sci.* – 2004. – Vol. 87. – P. E105-E109.
62. Pahl Chr., Hartung E., Grothmann A., Mahlkow-Nerge K. Rumination activity of dairy cows in the 24 hours before and after calving // *J. Dairy Sci.* – 2014. – Vol. 97. – No. 11. – P. 6935-6941.
63. Panicke L., Beilig S. Bewertung der Körperkapazität von SMR-Kühen // *Tierzucht.* – 1988. – Vol. 42. – No. 5. – S. 205-207.
64. Petruzzini H., Danfaer A. A dynamic model of feed intake regulation in dairy cows. Model description // *J. Anim. Feed Sci.* – 2004, 13: 1-23.
65. Petruzzini H., Danfaer A., Friggens N. A dynamic model of feed intake regulation in dairy cows. Model evaluation // *J. Anim. Feed Sci.* 2004, 13: 25-49.
66. Pryce J.E., Coffey M.P., Simm G. The relationship between body condition score and reproductive performance. – *J. Dairy Sci.* – 2001. – Vol. 84. – No. 6. – P. 1508-1515.
67. Rabelo E., Rezende R.L., Bertics S.J., Grummer R.R. Effects of transition diets varying in dietary energy density on lactation performance and ruminal parameters of dairy cows // *J. Dairy Sci.* – 2003. – Vol. 86. – No. 3. – P. 916-925.
68. Rastani R.R., Andrew S.M., Zinn S.A., Sniffen C.J. Body composition and estimated tissue energy balance in Jersey and Holstein cows during early lactation // *J. Dairy Sci.* – 2001. – Vol. 84. – No. 3. – P. 1201-1209.
69. Rastani R.R., Grummer R.R., Bertics S.J., Gümen A., Wiltbank M.C., Mashek D.G., Schwab N.C. Reducing dry period length to simplify feeding transition cows: Milk production, energy balance, and metabolic profiles // *J. Dairy Sci.* – 2005. – Vol. 88. – No. 3. – P. 1004-1014.
70. Reid J.T., Robb J. Relationship of body composition to energy intake and energetic efficiency // *J. Dairy Sci.* – 1971. – Vol. 54. – No. 4. – P. 553-564.
71. Roche J.R. Effect of pregnancy on milk production and body weight from identical twin study // *J. Dairy*

- Sci. – 2003. – Vol. 86. – No. 3. – P. 777-783.
72. Roche J.R., Friggens N.C., Kay J.K., Fisher M.W., Stafford K.J., Berry D.P. United Review: Body condition score and its association with dairy cow productivity, health, and welfare // *J. Dairy Sci.* – 2009. – Vol. 92. – No. 12. – P. 5769-5801.
 73. Roseler D.K., Fox D.G., Chase L.E., Pell A.N., Stone W.C. Development and evaluation of equation for prediction of feed intake for lactating Holstein dairy cows // *J. Dairy Sci.* – 1997. – Vol. 80. – No. 5. – P. 878-893.
 74. Soriani N., Trevisi E., Calamari L. Relationships between rumination time, metabolic conditions, and health status in dairy cows during the transition period // *J. Anim. Sci.* – 2012. – Vol. 90. – P. 4544-4554.
 75. Toschnival J.K., Dechow C.D., Cassell B.G., Appuhamy J.A.D.R.M., Varga G.A. Heritability of electronically recorded daily body weight and correlations with yield, dry matter intake, and body condition score // *J. Dairy Sci.* – 2008. – Vol. 91. – No. 8. – P. 3201-3210.
 76. Van Knegsel A.T.N., van den Brand H., Dijkstra J., van Straalen W.M., Jorritsma R., Tamminga S., Kemp B. Effect of glucogenic vs. lipogenic diets on energy balance, blood metabolites, and reproduction in primiparous and multiparous dairy cows in early lactation // *J. Dairy Sci.* – 2007. – Vol. 90. – No. 7. – P. 3397-3409.
 77. Van Straten M., Shpigel N.Y., Friger M. Analysis of daily body weight of high-producing dairy cows in the first one hundred twenty days of lactation and associations with ovarian inactivity // *J. Dairy Sci.* – 2008. – Vol. 91. – No. 9. – P. 3353-3362.
 78. Van Straten M., Shpigel N.Y., Friger M. Associations among patterns in daily body weight, body condition scoring, and reproductive performance in high-producing dairy cows // *J. Dairy Sci.* – 2009. – Vol. 92. – No. 9. – P. 4375-4385.
 79. Waldo D.R., Jorgensen N.A. Forages for high animal production: nutritional factors and effects of conservation // *J. Dairy Sci.* – 1984. – Vol. 67. – No. 12. – P. 3262-3271.
 80. Weber C., Hametner C., Tuchscherer A., Losand B., Kanitz E., Otten W., Singh S.P., Bruckmaier R.M., Becker F., Kanitz W., Hammon H.M. Variation in fat mobilization during early lactation differently affects feed intake, body condition, and lipid and glucose metabolism in high-yielding dairy cows // *J. Dairy Sci.* – 2013. – Vol. 96. – No. 1. – P. 165-180.

REFERENCES

1. Akers R.M. Major advances associated with hormone and growth factor regulation on mammary growth and lactation in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 2006, 89(4): 1222-1234.
2. Akter S.H., Häussler S., Dänicke S., Müller U., von Soosten D., Rehage J., Sauerwein H. Physiological and conjugated linoleic acid-induced changes of adipocyte size in different fat depots of dairy cows during early lactation. *J. Dairy Sci.* 2011, 94(6): 2871-2882.
3. Allen M.S. Physical constraints on voluntary intake of forage by ruminants. *J. Anim. Sci.* 1996, 74: 3063-3075.
4. ARC (Agricultural Research Council Working Party.). *The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock*. Slough: Technical Reviews by Agricultural Bureaux, Farnham Royal, 1980, 351 p.
5. Baldwin R.L., McLeod K.R., McNamara J.P., Elasser T.H., Baumann R.G. Influence of abomasal carbohydrates on subcutaneous, omental, and mesenteric adipose lipogenic and lipolytic rates in growing beef steers. *J. Anim. Sci.* 2007, 85(5): 2271-2282.
6. Bar D., Solomon R. Rumination collars: What can they tell us? In: *Proc. First N. Am. Conf. Precision Dairy Management*. Toronto, 2010, P. 214-216.
7. Belyea R.L., Frost G.R., Martz F.A., Forkner R.G. Body composition of dairy cattle by potassium-40 liquid scintillation detection. *J. Dairy Sci.* 1978, 61(2): 206-211.
8. Bequette B.J., Kyle C.E., Crompton L.A., Hanigan M.D. Protein metabolism in lactating goats subjected to insulin clump. *J. Dairy Sci.* 2002, 85: 1546-1555.
9. Berry D.P., Veerkamp R.F., Dillon P. Phenotype profiles for body weight, body condition score, energy intake, and energy balance across different parities and concentrate feeding levels. *Livest. Sci.* 2006, 104: 1-12.
10. Bines J.A. Complete diets. In: Broster W.H. (Ed.) *Principles and practice of feeding dairy cows*. *Techn. Bull. National Institute for Research of Dairying*, 1986, 8: 164-175.
11. Bines J.A., Suzuki S., Balch C.C. The quantitative significance of long-term regulation of food intake in

- the cow. *Brit. J. Nutr.* 1969, 23: 695-704.
12. Bohmanova J., Jamrozik J., Miglior F. Effect of pregnancy on production traits of Canadian Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 2009, 92(6): 2947-2959.
 13. Brigstocke T.D.A., Lindeman M.A., Cuthbert N.H., Wilson P.N., Cole J.P.L. A note on the dry-matter intake of Jersey cows. *Animal Production.* 1982, 35: 285-287.
 14. Brotherstone S., Thompson R., White I.M.S. Effects of pregnancy on daily milk yield of Holstein-Friesian dairy cattle. *Livest. Prod. Sci.* 2004, 87: 265-269.
 15. Capuco A.V., Ellis S.E., Hale S.A., Long E., Erdman R. Zhao X., Paape M.J. Lactation persistency. Insights from mammary cell proliferation studies. *J. Anim. Sci.* 2002, 81(Suppl. 3): 18-31.
 16. Castañeda-Gutiérrez E., Overton T.R., Butler W.R., Bauman D.E. Dietary supplements of two doses of calcium salts of conjugated linoleic acid during the transition period and early lactation. *J. Dairy Sci.* 2005, 88(3): 1078-1089.
 17. Cherepanov G.G., Medvedev I.K., Makar Z.N., Kal'nitskii B.D. *Sel'skokhosyaistvennaya biologiya - Agricultural Biology.* 2001, 4: 3-22.
 18. Cherepanov G.G., Makar Z.N. *Problemy biologii productivnykh zhivotnykh - Problems of Productive Animal Biology.* 2010, 2: 80-96. (In Russian).
 19. Contreras L.L., Ryan C.M., Overton T.R. Effects of dry cow grouping strategy and prepartum body condition score on performance and health of transition dairy cows. *J. Dairy Sci.* 2004, 87(2): 517-523.
 20. Coulon J.R., Perochon L., Lescouret F. Modelling the effect of the state of pregnancy on the dairy cows milk yield. *Anim. Sci.* 1995, 60: 401-408.
 21. Dado R. G., Allen M.S. Variation in and relationships among feeding, chewing and drinking variables vor lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 1994, 77(1): 132-144.
 22. Dewhurst R.J., Moorby J.M., Dhanoa M.S., Evans R.T., Fisher W.J. Effects of altering energy and protein supply to dairy cows during the dry period. 1. Intake, body condition, and milk production. *J. Dairy Sci.* 2000, 83(8): 1782-1794.
 23. Dirksen G.U., Liebich H.G., Mayner E. Adaptive changes of the ruminal mucosa and their functional and clinical significance. *Bovine Practice.* 1985, 20: 116-120.
 24. Drackley J.K., Andersen J.B. Splanchnic metabolism of long-chain fatty acids in ruminants. In: *Ruminant physiology: digestion, metabolism and impact of nutrition on gene expression, immunology and stress* (K. Sejrsen, T. Hvelplund, M.O. Nielsen, Eds). Wageningen: Acad. Publ., 2006, P. 199-224.
 25. Druet T., Laffrezic F., Boichard D., Ducrocq V. Modeling lactation curves and estimation of genetic parameters for first lactation test-day records of French Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 2003, 86: 2480-2490.
 26. Forbes J.M. *The voluntary food intake of farm animals.* London: Butterworth, 1986, 206 p.
 27. Forbes J.M. Integration of regulatory signals controlling forage intake in ruminants. *J. Anim. Sci.* 1996, 74: 3029-3035.
 28. Fox D.G., Sniffen C.J., O'Connor J.D. Adjusting nutrient requirements of beef cattle for animal and environmental variations. *J. Anim. Sci.* 1988, 66: 1475-1495.
 29. Gallo L., Carnier P., Cassandro M., Mantovani R., Bailoni L., Contiero B., Bittante G. Change in body condition score of Holstein cows as affected by parity and mature equivalent milk yield. *J. Dairy Sci.* 1996, 79(6): 1009-1015.
 30. Garnsworthy P.C. The effect of energy reserves at calving on performance of dairy cows. In: *Nutrition and lactation in the dairy cows* (Ed. P.C. Garnsworthy). London: Butterworths, 1988, P. 157-170.
 31. Graunard D.E., Moyes K.M., Trevisi E., Khan M.J., Keisler D., Drackley J.K., Bertoni G., Looor J.J. Liver lipid content and inflammometabolic indices in peripartur dairy cows are altered in response to prepartur energy intake and postpartur intramammary inflammatory challenge. *J. Dairy Sci.* 2013, 96(2): 918-935.
 32. Grummer R.R., Bertics S. J., LaCount D.W., Snow J.A., Dentine M.R., Stauffacher R.H. Estrogen induction of fatty liver in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 1990, 73(6): 1537-1543.
 33. Haile-Mariam M., Bowman P.J., Goddard M.E. Genetic and environmental relationship among calving interval, survival, persistency of milk yield and somatic cell count in dairy cattle. *Livest. Prod. Sci.* 2003, 80: 189-200.
 34. Hara S., Ikegaya Y., Jorgensen R.J., Sasaki J., Natamura M., Tomisawa N. Effect of induced subclinical hypocalcemia on the motility of the bovine digestive tract. *Acta Vet. Scand.* 2003, 98(Suppl): P. 251-?
 35. Hayirly A., Grummer R.R., Nordheim E., Crump P. Animal and dietary factors affect in feed intake during the prefresh transition period in Holsteins. *J. Dairy Sci.* 2002, 85(12): 3430-3443.
 36. Hayirly A., Grummer R.R., Nordheim E., Crump P., Beede D.K., Van de Haar M.J., Kilmer L.H. A mathematical model for describing dry matter intake of transition cows. *J. Dairy Sci.* 1998, 81(Suppl. 1): 296.

37. Hristov A.N., Price W.J., Shafil B. Meta-analysis examining the relationship among dietary factors, dry matter intake and milk protein yield in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 2004, 87(7): 2184-2196.
38. Illius A.W., Jessop N.S. Metabolic constraints on voluntary intake in ruminants. *J. Anim. Sci.* 1996, 74: 3052-3062.
39. Ingvarsten K.L., Andersen J.B. Integration of metabolism and intake regulation: A review focusing on periparturient animals. *J. Dairy Sci.* 2000, 83(7): 1573-1597.
40. Ingvarsten K.L., Andersen H.R., Foldager J. Effect of sex and pregnancy on feed intake capacity of growing cattle. *Acta Agric. Scand. (Sect. A)*. 1992, 42: 40-46.
41. Ingvarsten K.L., Friggens N.C., Faverdin F. Feed intake regulation in late pregnancy and early lactation. *Br. Soc. Anim. Sci. Occ. Publ.* 1999, 24: 37-54.
42. Jorgensen R.J., Nyengaard N.R., Hara S., Enemark J.M., Andersen P.H. Rumen motility during induced hyper- and hypocalcaemia. *Acta Vet. Scand.* 1998, 39: 331-338.
43. Kalashnikov A.P., Fisinin V.I., Shcheglov V.V., Pervov N.G. (Eds). *Normy i ratsiony kormleniya sel'skokhozyaistvennykh zhivotnykh. Spravochnoe posobie* (Feeding norms and rations for farm animals). Moscow: Agropromizdat, 2003, 456 p. (In Russian)
45. Keady T.W.J., Mayne C.S., Fitzpatrick D.A., McCoy M.A. Effect of concentrate feed level in late gestation on subsequent milk yield, milk composition, and fertility of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 2001, 84(6): 1468-1479.
46. Ketelaars J.J., Tolcamp B.J. Oxygen efficiency and the control of energy flow in animals and man. *J. Anim. Sci.*, 1996, 74: 3036-3051.
47. Kokkonen T. Energy and protein nutrition of dairy cows during the dry period and early lactation: Production performance and adaptation from pregnancy to lactation. *Acad. Dissertation*, Helsinki, 2005, 56 p.
48. Leclerc H., Duclos D., Barbat A., Druet T., Ducrocq V. Environmental effects on lactation curves included in a test-day model genetic evaluation. *Animal*. 2008, 2: 344-353.
49. Marquardt J.P., Horst R.L., Jorgensen N.A. Effect of parity on dry matter intake at parturition in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 1977, 60(6): 929-934.
50. Mazurov V.N., Ivanov V.N. *Problemy biologii produktivnykh zhivotnykh - Problems of Productive Animal Biology*. 2010, 2: 73-79. (In Russian).
51. Mertens D.R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 1997, 80(7): 1463-1481.
52. Miller R.H., Hooven N.W., Smith J.W., Creegan M.E. Feed consumption differences among lactating cows. *J. Dairy Sci.* 1971, 55(4): 454-459.
53. Minish T., Foks D. *Proizvodstvo govyadiny v USA: Myasnoe skotovodstvo* (Beef industry in US: beef breeding). Moscow: Agropromizdat Publ., 1986, 479 p. (In Russian).
54. NRC. Feed intake. In: *National Research Council. Nutrient Requirements of Beef Cattle*. Washington: National Academy Press, 1996, P. 85-96.
55. NRC. *National Research Council. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th Revised Edition*. 2001, Washington: National Academy Press, 381 p.
56. Ovcharenko E.V. *Fiziologicheskie osnovy pitaniya i molokoobrazovaniya u korov v rannii period laktatsii v svyazi s urovnem i kachestvom energii i proteina v ratsione* (Physiological basis of nutrition and milk formation in transition cows related with level and quality of energy and protein in diet). Extended Abstract of Dissertation Dr. Sci. Biol., Borovsk, 1991, 48 p. (In Russian).
57. Ovcharenko E.V. *Materialy 4-go mezhdunarodnogo simpoziuma «Sovremennye problemy veterinarnoi dietologii i nutritsiologii»* (Proc. 4th Intern. Simp.: Contemporary problems of veterinary dietology and nutrition science). St. Petersburg, 2008, P. 367-369. (In Russian).
58. Ovcharenko E.V., Medvedev I.K. In: *Energeticheskoe pitanie s.-kh. zhivotnykh* (Energy nutrition of farm animals). Moscow: Kolos Publ., 1982, P. 90-100. (In Russian).
59. Ovcharenko E.V., Medvedev I.K. [Energy metabolism in transition cows]. In: *Trudy VNIIFBiP - Proc. Inst. Anim. Physiol. Biochem. Nutr.* 1987, 32,
60. Overton T.R., Waldron M.R. Nutritional management of transition dairy cows: Strategies to optimize metabolic health. *J. Dairy Sci.* 2004, 87: E105-E109.
61. Pahl Chr., Hartung E., Grothmann A., Mahlkow-Nerge K. Rumination activity of dairy cows in the 24 hours before and after calving. *J. Dairy Sci.* 2014, 97(11): 6935-6941.
62. Panicke L., Beilig S. Bewertung der Körperkapazität von SMR-Kühen. *Tierzucht*. 1988, 42(5): 205-207.
63. Petruzzi H., Danfaer A. A dynamic model of feed intake regulation in dairy cows. Model description. *J. Anim. Feed Sci.* 2004, 13: 1-23.

64. Petruzzi H., Danfaer A., Friggens N. A dynamic model of feed intake regulation in dairy cows. Model evaluation. *J. Anim. Feed Sci.* 2004, 13: 25-49.
65. Piatkovskii B., P'yanov V.D. [Feed behavior, appetite and its regulation. Nutrients intake]. In: *Obmen veshchestv u zhvachnykh zivotnykh* (Metabolism of ruminants, A.A. Aliev, Ed.). Moscow: NITs Inzhener Publ., 1997, P. 11-26. (In Russian)
66. Pryce J.E., Coffey M.P., Simm G. The relationship between body condition score and reproductive performance. *J. Dairy Sci.* 2001, 84(6): 1508-1515.
67. Rabelo E., Rezende R.L., Bertics S.J., Grummer R.R. Effects of transition diets varying in dietary energy density on lactation performance and ruminal parameters of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 2003, 86(3): 916-925.
68. Rastani R.R., Andrew S.M., Zinn S.A., Sniffen C.J. Body composition and estimated tissue energy balance in Jersey and Holstein cows during early lactation. *J. Dairy Sci.* 2001, 84(3): 1201-1209.
69. Rastani R.R., Grummer R.R., Bertics S.J., Gümen A., Wiltbank M.C., Mashek D.G., Schwab N.C. Reducing dry period length to simplify feeding transition cows: Milk production, energy balance, and metabolic profiles. *J. Dairy Sci.* 2005, 88(3): 1004-1014.
70. Reid J.T., Robb J. Relationship of body composition to energy intake and energetic efficiency. *J. Dairy Sci.* 1971, 54(4): 553-564.
71. Roche J.R. Effect of pregnancy on milk production and body weight from identical twin study. *J. Dairy Sci.* 2003, 86(3): 777-783.
72. Roche J.R., Friggens N.C., Kay J.K., Fisher M.W., Stafford K.J., Berry D.P. United Review: Body condition score and its association with dairy cow productivity, health, and welfare. *J. Dairy Sci.* 2009, 92(12): 5769-5801.
73. Roseler D.K., Fox D.G., Chase L.E., Pell A.N., Stone W.C. Development and evaluation of equation for prediction of feed intake for lactating Holstein dairy cows. *J. Dairy Sci.* 1997, 80(5): 878-893.
74. Soriani N., Trevisi E., Calamari L. Relationships between rumination time, metabolic conditions, and health status in dairy cows during the transition period. *J. Anim. Sci.* 2012, 90: 4544-4554.
75. Toschnival J.K., Dechow C.D., Cassell B.G., Appuhamy J.A.D.R.M., Varga G.A. Heritability of electronically recorded daily body weight and correlations with yield, dry matter intake, and body condition score. *J. Dairy Sci.* 2008, 91(8): 3201-3210.
76. Van Knegsel A.T.N., van den Brand H., Dijkstra J., van Straalen W.M., Jorritsma R., Tamminga S., Kemp B. Effect of glucogenic vs. lipogenic diets on energy balance, blood metabolites, and reproduction in primiparous and multiparous dairy cows in early lactation. *J. Dairy Sci.* 2007, 90(7): 3397-3409.
77. Van Straten M., Shpigel N.Y., Friger M. Analysis of daily body weight of high-producing dairy cows in the first one hundred twenty days of lactation and associations with ovarian inactivity. *J. Dairy Sci.* 2008, 91(9): 3353-3362.
78. Van Straten M., Shpigel N.Y., Friger M. Associations among patterns in daily body weight, body condition scoring, and reproductive performance in high-producing dairy cows. *J. Dairy Sci.* 2009, 92(9): 4375-4385.
79. Waldo D.R., Jorgensen N.A. Forages for high animal production: nutritional factors and effects of conservation. *J. Dairy Sci.* 1984, 67(12): 3262-3271.
80. Weber C., Hametner C., Tuchscherer A., Losand B., Kanitz E., Otten W., Singh S.P., Bruckmaier R.M., Becker F., Kanitz W., Hammon H.M. Variation in fat mobilization during early lactation differently affects feed intake, body condition, and lipid and glucose metabolism in high-yielding dairy cows. *J. Dairy Sci.* 2013, 96(1): 165-180.

Physiological factors limiting feed intake in dairy cows

¹Ovcharenko E.V., ²Ivanov A.A., ¹Mazurov V.N., ³Arlantseva E.R.

¹*Kaluga Agricultural Institute, Kaluga;* ²*Timiryazev Moscow Agricultural Academy, Moscow;* ³*Kaluga Branch of Timiryazev Moscow Agricultural Academy, Kaluga, Russian Federation*

ABSTRACT. The goal of the review is to summarize the literature and own experimental data on the effects of physiological factors (stage of lactation, daily milk yield, corporal condition, age etc.) on free feed intake by dairy cows. Effect of cow corporal condition on feed intake is considered from three perspectives: 1) the physical limitations caused by the fact that a certain amount of fat takes the abdominal cavity and in this respect competes with rumen; 2) intensive mobilization of fat depots are fraught with an increase in concentration of NEFA and ketone bodies in the blood with corresponding inhibition of feed consumption; 3) adipose tissue hormones (leptin etc.) and other biologically active substances released into the blood enhance the feeling of satiety. The use of corporal condition score as a quantitative index for assessment and prediction of feed intake is especially effective at the end of pregnancy and the period of early lactation. In so doing it is important to assess differentially the condition of the cow and body size, as well as to take into account the stage of lactation, age and genotypic characteristics of animals.

Keywords: dairy cows, condition, appetite, feed intake, prediction

Problemy biologii produktivnykh zhivotnykh - Problems of Productive Animal Biology, 2015, 1: 25-41

Поступило в редакцию: 19.01.2014

Получено после доработки: 10.02.2015

Овчаренко Эдуард Васильевич, д.б.н., гл.н.с., т. 8 920 612 15 98; ovcharenko.ev@list.ru;

Иванов Алексей Алексеевич, д.б.н., проф., зав. каф., т. 8 499 976 39 19;
ayvanov@timacad.ru;

Мазуров Владимир Николаевич, к.с.х.н., с.н.с., дир., т. 8 910 913 98 71;

Арланцева Елена Руслановна, доц., т. 8 961 126 64 23; Arlanceva@Gmail.com