

2. Экстракционная методика пробоподготовки огурцов, томатов и яблок для последующего определения остаточных количеств абамектина методом высокоэффективной жидкостной хроматографии / М.Ф. Заяц, Н.В. Петрашкевич, С.М. Лещев, М.А. Заяц // Вестн. Белорус. гос. ун-та. Сер. 2, Химия. Биология. География. – 2010. – № 3. – С. 33–38.
3. Определение остаточных количеств тиенкарбазон-метила и ципросульфида в зерне и зеленой массе кукурузы / М.Ф. Заяц, М.А. Заяц, С.М. Лещев, Н.В. Петрашкевич // Защита растений: сб. науч. тр. / РУП “Институт защиты растений”; редкол.: Л.И. Трешко (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2010. – Вып. 34. – С. 239–250.
4. An improved extraction method of rapeseed oil sample preparation for the subsequent determination in it of azole class fungicides by gas chromatography / Zayats M.F., Leschev S.M., Zayats M.A. // Analytical Chemistry Research. 2015. Vol. 3. P. 37-45.

УДК 631.15: 004.9

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ БАЛАНСИРОВАНИЯ РАЦИОНОВ КОРМЛЕНИЯ

Галушко Е.В.¹, канд. техн. наук, доцент, Сеньков А.Г.¹, канд. техн. наук, Карпович А.М.¹,

Шестаков К.М.², канд. техн. наук, доцент

(¹Белорусский государственный аграрный технический университет, Минск;

²Белорусский государственный университет, Минск)

Введение

Качественное кормление является важным условием высокой продуктивности животноводства. Поэтому составление сбалансированного по питательности рациона – это практическая задача, с которой постоянно приходится иметь дело специалисту-зоотехнику. Традиционно суть задачи оптимизации рациона кормления заключается в нахождении рациона с минимальной стоимостью при гарантированном обеспечении потребности животного во всех питательных компонентах. Кроме того, большое практическое значение имеет возможность задания в качестве исходных данных структуры рациона, т.е. планируемого процентного содержания того или иного из выбранных для составления рациона кормов.

Математическая модель рациона кормления, сбалансированного по питательности и стоимости

Исходными данными для расчета рациона молочной коровы, в соответствии с методиками, принятыми в Республике Беларусь, являются масса животного и удой: суточный удой – для лактирующих коров либо прогнозируемый удой за лактацию – для сухостойных коров [1]. Считается, что от значений этих двух величин, в основном, зависит норма суточного потребления коровой основных питательных компонентов (сухое вещество, обменная энергия, протеин, жир, клетчатка и т.д.). Обозначим как вектор $\vec{D} = (D_1, \dots, D_M) = \{D_j\}_{j=1, \dots, M}$ – требуемую норму суточного потребления коровой j -го питательного компонента, где M – количество учитываемых при оптимизации рациона питательных компонентов.

Пусть специалистом-зоотехником выбрано N из имеющихся в хозяйстве кормов. Из выбранных N кормов необходимо составить такой рацион кормления, который должен удовлетворить потребности животного в M питательных компонентах в соответствии с требуемыми нормами.

Для математической формализации описанных требований для каждого из включенных в рацион кормов введем следующие обозначения:

a_{ij} – содержание j -го питательного компонента в 1 кг i -го корма ($i = 1, \dots, N$);

c_i – стоимость 1 кг i -го корма;

x_i – искомое суточное потребление i -го корма, кг.

Вектор $\vec{R} = (\vec{R}_1, \dots, \vec{R}_M) = \{R_j\}_{j=1, \dots, M}$ – есть вектор содержания в рассчитываемом рационе каждого из M питательных компонентов, причем j -й элемент вектора R_j определяется выражением:

$$R_j = \sum_{i=1}^N a_{ij} \cdot x_i. \quad (1)$$

Тогда относительное отклонение содержания в рационе j -го питательного компонента от суточной нормы его потребления есть разность, деленная на значение суточной нормы, и в векторной форме может быть выражена следующим образом:

$$\vec{\delta} = \left\{ \frac{D_j - R_j}{D_j} \right\}_{j=1, \dots, M}. \quad (2)$$

Таким образом, вектор $\vec{\delta}$ есть вектор отклонений питательности рациона от нормы по отдельным питательным компонентам. Чем точнее питательность рациона будет соответствовать требуемым нормам, тем меньше должно быть значение нормы вектора $\vec{\delta}$. Поэтому в качестве первой целевой функции предлагается использовать норму вектора $\vec{\delta}$, определяемую как взвешенная сумма модулей его элементов:

$$Z_1(\vec{x}) = \|\vec{B} \cdot \vec{\delta}^T\| = \frac{1}{M} \cdot \sum_{j=1}^M B_j \cdot \left| \frac{\left(\sum_{i=1}^N a_{ij} \cdot x_i - D_j \right)}{D_j} \right|, \quad (3)$$

где $\vec{B} = \{B_j\}_{j=1, \dots, M}$, $B_j \geq 0$, $\sum_{j=1}^M B_j = 1$ – вектор нормировочных коэффициентов, значения которых пропорциональны степени важности отклонений рациона от нормы по тому или иному питательному компоненту. Значения коэффициентов B_j определяются методом экспертного оценивания. Нормирование значений функции Z_1 путем деления на M приводит к тому, что $Z_1(0) = 1$.

В качестве второй целевой функции, очевидно, следует выбрать стоимость рациона:

$$Z_2(\vec{x}) = \sum_{i=1}^N c_i \cdot x_i. \quad (4)$$

Кроме того, следует предусмотреть возможность планирования (при необходимости) специалистом-пользователем структуры рациона, т.е. задания дополнительных ограничений на массу или процентное содержание в рационе того или иного из выбранных кормов.

Таким образом, математическая формулировка задачи оптимизации рациона имеет следующий вид:

$$\begin{cases} X_{\min i} \leq x_i \leq X_{\max i}, & i = 1, \dots, N, \\ \langle p_i = P_i \rangle, & i = 1, \dots, N, \\ \sum_{i=1}^N a_{iDC} \cdot x_i \geq D_{DC}, \\ \sum_{i=1}^N a_{iME} \cdot x_i \geq D_{ME}, \end{cases} \quad \min \{Z_1(\vec{x}), Z_2(\vec{x})\}, \quad (5)$$

где $X_{\min i}$, $X_{\max i}$ – начальные ограничения на минимальное и максимальное значение массы i -го корма в суточном рационе, задаваемые при необходимости пользователем;

индексы «DC», «ME» – обозначают, соответственно, «сухое вещество» (“dry content”) и «обменная энергия» (“metabolised energy”);

$$p_i = \frac{a_{iDC} \cdot x_i}{\sum_{i=1}^N a_{iDC} \cdot x_i} \quad \text{либо} \quad p_i = \frac{a_{iME} \cdot x_i}{\sum_{i=1}^N a_{iME} \cdot x_i} \quad - \text{ процент от сухого вещества либо обменной}$$

энергии всего рациона, обеспечиваемый i -м кормом (структура рациона);

P_i – задаваемые при необходимости пользователем начальные ограничения на допустимые значения p_i , определяющие желаемую процентную структуру рациона по сухому веществу либо по обменной энергии, фигурные скобки “ $\langle \rangle$ ” означают, что данное ограничение не обязательно присутствует в системе.

Алгоритм поиска сбалансированного рациона кормления

Задача (5) является задачей двухкритериальной оптимизации.

Для решения двухкритериальной оптимизационной задачи (5) предлагается использовать метод взвешенной суммы [2], при котором в качестве единственной минимизируемой целевой функции выбирается взвешенная сумма обеих первоначальных целевых функций:

$$Z(\bar{x}) = w_1 \cdot Z_1(\bar{x}) + w_2 \cdot Z_2(\bar{x}), \quad (6)$$

где w_1, w_2 – некоторые весовые коэффициенты, причем $w_1 > 0, w_2 > 0, w_1 + w_2 = 1$.

При таком подходе затруднение представляет тот факт, что целевые функции $Z_1(\bar{x}), Z_2(\bar{x})$ имеют разные размерности: значения $Z_1(\bar{x})$ измеряются в безразмерных относительных единицах, а значения $Z_2(\bar{x})$ – в денежных единицах.

Поэтому решение задачи (5) предлагается проводить в два этапа.

На первом этапе необходимо найти решение однокритериальной задачи, где в качестве целевой функции используется только функция $Z_1(\bar{x})$:

$$\begin{cases} X_{\min i} \leq x_i \leq X_{\max i}, \quad i = 1, \dots, N; \\ \langle p_i = P_i \rangle, \quad i = 1, \dots, N; \\ \sum_{i=1}^N a_{iDC} \cdot x_i \geq D_{DC}, \\ \sum_{i=1}^N a_{iME} \cdot x_i \geq D_{ME}, \end{cases} \quad Z_1(\bar{x}) \rightarrow \min. \quad (7)$$

Результатом решения задачи (7) будет рацион \bar{x}_1 , оптимизированный по питательности, для которого сумма отклонений от требуемых норм питательности по основным учитываемым питательным компонентам будет минимальна. Т.е., рацион \bar{x}_1 будет максимально приближен по содержанию основных питательных компонентов к требуемым нормам.

После решения задачи (7) необходимо по формуле (4) вычислить стоимость рациона \bar{x}_1 :

$$C_1 = \sum_{i=1}^N c_i \cdot x_{1i}. \quad (8)$$

На втором этапе для устранения несоответствия размерностей целевых функций $Z_1(\bar{x}), Z_2(\bar{x})$ из (5) необходимо, вместо $Z_2(\bar{x})$, использовать целевую функцию, определяемую следующим образом:

$$Z_2^*(\bar{x}) = \frac{Z_2(\bar{x}) - C_1}{C_1}. \quad (9)$$

Выраженная указанным способом целевая функция $Z_2^*(\bar{x})$ по смыслу представляет собой отклонение стоимости $Z_2(\bar{x})$ некоторого рациона \bar{x} от стоимости C_1 оптимального по питательности рациона \bar{x}_1 , деленное на значение стоимости C_1 . Таким образом, значения

функции $Z_2^*(\bar{x})$ измеряются в безразмерных относительных единицах, что совпадает с размерностью целевой функции $Z_1(\bar{x})$.

Теперь для поиска рациона, оптимального одновременно по питательности и по стоимости, необходимо, используя метод взвешенных сумм, решить следующую однокритериальную оптимизационную задачу (5), в которой в качестве целевой функции использовать выражение:

$$Z(\bar{x}) = w_1 \cdot Z_1(\bar{x}) + w_2 \cdot Z_2^*(\bar{x}) \rightarrow \min. \quad (10)$$

Целевая функция $Z(\bar{x})$ в (10) представляет собой взвешенную сумму двух конфликтующих целевых функций. Так, для уменьшения стоимости рациона необходимо уменьшать массу кормов в нем, что приведет к уменьшению значения $Z_2^*(\bar{x})$, однако при этом рацион все более будет отклоняться от требуемых оптимальных норм питательности, а значит, будет возрастать значение $Z_1(\bar{x})$. Значения весовых коэффициентов w_1 , w_2 , как и значения B_j , определяются методами экспертного оценивания.

Предложенный подход к расчету оптимального рациона был использован в БГАТУ при создании компьютерной программы поддержки принятия решений при расчете рационов кормления молочных коров [3]. Ее практическая апробация и последующее внедрение в хозяйствах Минской и Гродненской областей Республики Беларусь показали, что при оптимизации рациона одновременно по 8 показателям (сухое вещество, обменная энергия, сырой протеин, сырая клетчатка, сырой жир, кальций, фосфор, соль поваренная) практически всегда достигается весьма точное совпадение питательности рассчитанного рациона с требуемыми нормами по трем основным показателям (сухое вещество, обменная энергия, протеин), отклонения от нормы по которым не превышают 1 %.

Литература

1. Нормы кормления крупного рогатого скота: справочник / Н.А.Попков [и др.]. – Жодино: РУП «Научно практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству», 2011. – 260с.
2. Steuer R.E. Multiple Criteria Optimization: Theory, Computations, and Application. – New York: John Wiley & Sons, Inc.
3. Программа балансирования рационов на основе экспресс-оценки энергетической питательности кормов для молочного скота: свидетельство о регистрации компьютерной программы №644 Республики Беларусь // Галушко Е.В., Сеньков А.Г., Шестаков К.М., Бондарь Н.Ф., Саханчук А.И.; заявитель УО «Белорусский государственный аграрный технический университет» - №С20140008; заявл. 06022014; дата регистрации 07.03.2014.

УДК 378 (476)

ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕПОДГОТОВКИ И ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ ПО ОХРАНЕ ТРУДА В БГАТУ

*Жабровский И.Е.*¹, канд. с.-х. наук,

*Андруш В.Г.*¹, канд. техн. наук, доцент, *Босак В.Н.*², д-р с.-х. наук, профессор,

¹Белорусский государственный аграрный технический университет, Минск;

²Белорусский государственный технологический университет, Минск)

Повышение квалификации и переподготовка относится к дополнительным видам образования, которые занимают значимое место в системе образования Республики Беларусь.

Согласно Кодексу Республики Беларусь об образовании, наряду с другими видами образования, граждане Республики Беларусь имеют право на получение в государственных