УДК 631.589

# ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБОГАЩЕНИЯ ЗЕЛЕНОГО КОРМА

*Е.М. БАСАРЫГИНА, доктор технических наук, зав. кафедрой*
*А.В. ШУШАРИН, аспирант*
*Челябинская ГАА*
*E-mail: b_e_m@mail.ru*

***Резюме.*** *Изложены результаты оценки эффективности обогащения зеленого корма. Оценку технологий гидропонного кормопроизводства проводили по разработанной методике, учитывающей электрофизические параметры корнеобитаемой среды, удельное содержание питательных элементов и исходную массу посевной смеси. С базовой технологией сравнивали технологии выращивания зеленого корма, включающие ультразвуковую обработку субстрата и семян (предлагаемая технология) и ультразвуковую обработку субстрата (известная технология). В ходе оценки определяли коэффициенты минерального питания ($K_{мп}$), кормового рациона ($K_{кр}$), сохранности корма ($K_{ск}$), обогащения корма ($K_{ок}$) и энергетической эффективности обогащения ($K_{эк}$). Для предложенной технологии коэффициенты $K_{ок}$ и $K_{эк}$ составили соответственно 4,57 и 0,95; для базовой – 1,00 и 0,90; для известной технологии – 2,01 и 0,87. Наибольшие значения указных коэффициентов, соответствующие предложенной технологии, позволяют сделать заключение о том, что включение операции по ультразвуковой обработке семян и субстрата в производственный цикл способствует повышению эффективности обогащения зеленого корма.*

***Ключевые слова:*** *гидропонное кормопроизводство, ультразвуковая обработка, гидропонный зеленый корм, семена, субстрат, обогащение зеленого корма*

Гидропонное кормопроизводство, относящееся к растениеводству защищенного грунта, сопряжено со значительными затратами энергии, в связи с чем разработка технических средств для повышения его эффективности – актуальная задача. В этом плане перспективным представляется повышение урожайности и качества корма, а также обогащение его состава с помощью использования поедаемого субстрата (сапропеля), обладающего свойствами кормовой добавки и удобрения, а также семян с большим содержанием клетчатки (например, овса). Один из способов активирования процессов прорастания и улучшения условий минерального питания растений – предпосевная обработка семян и субстрата в ультразвуковом (УЗ) поле [1].

Известные методики оценивают технологии производства кормов с учетом урожайности как одного из основных показателей [2...4]. Однако, на наш взгляд, такая оценка не полная, поскольку не учитывает качество получаемой продукции и срок ее хранения. В работе [5] при оценке эффективности обогащения гидропонного зеленого корма (ГЗК) учитываются не только перечисленные показатели, но и условия минерального питания растений. Однако для этой методики характерны следующие недостатки:

не оцениваются электрофизические параметры корнеобитаемой среды (электропроводность и кислотность), влияющие на активность минерального питания растений;

нет расчета удельного (отнесенного к массе) содержания питательных элементов в корнеобитаемой среде;

не учитывается исходная масса посевной смеси (семян и субстрата), используемая при получении ГЗК.

Цель наших исследований – оценка эффективности обогащения гидропонного зеленого корма, произведенного по различным технологиям с использованием методики, учитывающей электрофизические параметры корнеобитаемой среды, удельное содержание питательных элементов и исходную массу посевной смеси.

**Условия, материалы, методы.** Разработанная методика оценки эффективности обогащения гидропонного зеленого корма предусматривает расчет ряда коэффициентов.

Коэффициент минерального питания $K_{мп}$, характеризующий изменение условий минерального питания растений в проектируемом варианте, по сравнению с базовым:

$$K_{мп} = (c' k_{эп} \Sigma N_{yi})_п / (c' k_{эп} \Sigma N_{yi})_б, \quad (1)$$

где $c'$ – поправочный коэффициент, учитывающий доступность элементов минерального питания ($c'$= 0,5...1,5); $k_{эп}$ – коэффициент, учитывающий изменение электрофизических параметров корнеобитаемой среды; $N_{yi}$ – удельное содержание питательных элементов в корнеобитаемой среде.

Коэффициент кормового рациона $K_{кр}$ отражает обогащение состава гидропонного зеленого корма в проектируемом варианте:

$$K_{кр} = (c'' \Sigma N_{yj})_п / (c'' \Sigma N_{yj})_б, \quad (2)$$

где $c''$ – поправочный коэффициент, учитывающий усвояемость питательных элементов ($c''$ = 1...1,5); $N_{yj}$ – удельное содержание компонентов, необходимых для сельскохозяйственных животных и птицы, в ГЗК.

Коэффициент сохранности зеленого корма $K_{ск}$ характеризует изменение выхода биомассы, экологическую чистоту и биологическую полноценность корма, а также его срок хранения:

$$K_{ск} = K_б K_{пэ1} K_{пэ2} K_х, \quad (3)$$

где $K_б$ – коэффициент выхода биомассы; $K_{пэ1}$ – производственно-экологический коэффициент первого рода; $K_{пэ2}$ – производственно-экологический коэффициент второго рода; $K_х$ – коэффициент хранения корма.

Коэффициент изменения выхода биомассы $K_б$ рассчитывается по формуле:

$$K_б = K_{пс}(У_п / У_б), \quad (4)$$

где $У_п$, $У_б$ – соответственно урожайность в проектируемом и базовом вариантах; $K_{пс}$ – коэффициент, учитывающий исходную массу посевной смеси, используемой при получении ГЗК: $K_{пс} = (M_{сб}/M_{сп})(M_б/M_п)$, где $M_{сб}$, $M_{сп}$, $M_б$, $M_п$ – масса субстрата и семян соответственно в базовом и проектируемом вариантах.

Производственно-экологический коэффициент первого рода $K_{пэ1}$ представляет собой произведение соответствующих частных коэффициентов, характеризующих содержание экотоксикантов в получаемой продукции [6], второго рода $K_{пэ2}$ – произведение частных коэффициентов, отражающих биологическую полноценность продукции [6].

Коэффициент хранения корма учитывает сохранность питательных элементов и витаминов в проектируемом и базовом вариантах:

$$K_х = \tau_п / \tau_б, \quad (5)$$

Таблица. **Оценка эффективности обогащения гидропонного зеленого корма**

| *Коэффициент* | *Технология получения зеленого корма* | | |
|---|---|---|---|
| | *I* | *II* | *III* |
| Обогащения корма | 4,57 | 1,00 | 2,01 |
| Минерального питания | 2,31 | 1,00 | 1,74 |
| Кормового рациона | 1,20 | 1,00 | 1,09 |
| Сохранности корма | 1,65 | 1,00 | 1,06 |
| Энергетической эффективности обогащения корма | 0,95 | 0,80 | 0,87 |

где $\tau_п$, $\tau_б$ – срок хранения ГЗК в проектируемом и базовом вариантах соответственно.

Обобщенный коэффициент обогащения корма рассчитывается по выражению:

$$K_{ок}=K_{мп}K_{кр}K_{ск}, \quad (6)$$

Коэффициент энергетической эффективности обогащения зеленого корма $K_{эк}$ определяется по формуле:

$$K_{эк}=E_{кср}/E_0=(И_{кср}f_{ср})/E_0, \quad (7)$$

где $E_{кср}$ – энергосодержание биомассы корма (среднее за период хранения), кДж/м$^2$; $И_{кср}$ – выход биомассы корма (средний, с учетом потерь влаги в период хранения), кг/м$^2$; $f_{ср}$ – коэффициент энергосодержания в единице продукции, средний за период хранения, кДж/кг; $E_0$ – затраты энергии на возделывание и уборку сельскохозяйственной культуры, кДж/м$^2$.

Оценка эффективности обогащения гидропонного зеленого корма заключается в последовательном определении перечисленных коэффициентов, чем они больше, тем выше эффективность технологии.

Для проведения исследований были выбраны три технологии производства гидропонного корма: субстрат и семена обрабатываются в ультразвуковом поле – новая (I) [1]; субстрат и семена не обрабатываются в ультразвуком поле – базовая (II) [7]; в ультразвуковом поле обрабатывается только субстрат – известная (III) [8].

**Результаты и обсуждение.** Анализ полученных результатов позволяет сделать заключение о том, что технология I способствует улучшению условий минерального питания растений, о чем свидетельствует наибольшая величина $K_{мп}$, равная 2,31. В других вариантах она оказалась ниже, что, на наш взгляд, обусловлено отсутствием ультразвуковой обработки семян.

Наибольшее значение коэффициента кормового рациона ($K_{кр}$), также равное 1,20, соответствует технологии выращивания зеленого корма I. Полученные результаты характеризуют ее как наиболее эффективную с точки зрения обогащения состава ГЗК.

Коэффициент сохранности корма ($K_{ск}$) для технологий II и III составил соответственно 1,00 и 1,06, что ниже величины этого показателя для технологии I на 0,65...0,59.

С учетом рассчитанных значений коэффициентов $K_{мп}$, $K_{кр}$ и $K_{ск}$, самый высокий общий коэффициент обогащения зеленого корма ($K_{ок}$) отмечен в варианте с технологией I ($K_{ок}$=4,57).

Коэффициент энергетической эффективности обогащения ГЗК для технологии (I) также оказался наибольшим ($K_{эк}$=0,95) и превышающим соответствующие значения для технологий (II) и (III) на 15 и 8 % соответственно.

**Выводы.** На основании разработанной методики оценки эффективности обогащения зеленого корма, учитывающей электрофизические параметры корнеобитаемой среды, удельное содержание питательных элементов и исходную массу посевной смеси, установлено, что включение операции по УЗ-обработке субстрата и семян в производственный цикл способствует повышению качества продукции.

***Литература.***

*1. Басарыгина Е.М., Шушарин А.В. Энергосберегающая технология производства гидропонного корма // Техника и оборудование для села. – 2012. – №9. – с. 8-10.*

*2. Методика определения экономической эффективности использования в сельском хозяйстве результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, новой техники, изобретений и рационализаторских предложений. – М., 1999.*

*3. Омнигенная экология / Отв. ред. Гринин А.С. Т. 2. Методические аспекты экологии. – Брянск: Изд-во Брянской ГСХА, 1996.*

*4. Плаксин А.М. Энергетическая оценка машинно-тракторных агрегатов и технологий в растениеводстве. – Челябинск: ЧГАУ, 1999.*

*5. Косарев Ю.Н. и др. Методика оценки эффективности обогащения гидропонного зеленого корма // Материалы XLVII научно-технической конференции. – Челябинск: ЧГАУ. – 2007. – ч. 3. – с. 41-45.*

*6. Басарыгина Е.М. Методика энергоэкологической оценки электротехнологий // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2005. – №4. – с. 2-3.*

*7. Кругляков Ю.А. Оборудование для непрерывного выращивания зеленого корма гидропонным способом. – М.: Агропромиздат, 1991. – 79 с.*

*8. Марченко А.Н., Басарыгина Е.М. Технология производства зеленого корма // Птицеводство. – 2007. – № 11. – с. 35-39.*

## EVALUATION OF RICH GREEN FEED

**E.M. Basarygina, A.V. Shusharin**

**Summary.** The results of evaluation of the effectiveness of the enrichment of green fodder. Technology assessment of hydroponic forage production was made by the developed technique, taking into account the electrical parameters of rooting medium, the specific content of nutrients and the initial mass of seed mixture. With core technology compared forage growing technology, including ultrasonic treatment of the substrate and seeds (the proposed technology) and sonication of the substrate (known technology). The evaluation determined the coefficients of mineral nutrition (ILC) of the diet (Kcr), food safety (CSC), the enrichment of food (Cook), and the energy efficiency of enrichment (BTB). For the proposed technology factors Kok and BTB were, respectively, 4.57 and 0.95, for the underlying technology – 1.00 and 0.90, and for the well-known technology – 2.01 and 0.87. Maximum values ukaznogo coefficients corresponding to the proposed technology, allows us to conclude that the inclusion of operations in ultrasound treatment of seeds and substrate in the production cycle improves the efficiency of enrichment of green fodder.

**Keywords:** hydroponic forage production, ultrasonic treatment, hydroponic green fodder, seeds, substrate, concentration of green fodder.