

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ МНОГОЛЕТНИХ АГРОФИТОЦЕНОЗОВ С УЧАСТИЕМ ТОПИНАМБУРА В УСЛОВИЯХ КАРЕЛИИ*

Любовь Павловна Евстратова, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Елена Алексеевна Кондратюк, кандидат экономических наук

Лаборатория агротехнологий «Вилга» отдела комплексных научных исследований

Карельского научного центра Российской академии наук, п. Новая Вилга, Республика Карелия, Россия

E-mail: jelenkon@mail.ru

Аннотация. В статье представлены результаты изучения технологии выращивания топинамбура с многолетними бобово-злаковыми травами на территории Республики Карелия. Наибольшую урожайность сухой массы (9,3 т/га) обеспечил совместный агрофитоценоз с участием *Helianthus tuberosus* L. относительно контроля – тимофеевка + кострец + клевер (7,9 т/га). Включение топинамбура способствовало повышению продуктивности многолетних травостоев (7,99 тыс. корм. ед., 97,0 ГДж обменной энергии, 1,34 т сырого протеина/га). Установлено, что ассоциации топинамбура и бобово-злаковых многолетних трав экономически наиболее целесообразны. Максимальное значение агроэнергетического коэффициента по обменной энергии получено в варианте: тимофеевка + кострец + клевер + топинамбур.

Ключевые слова: агрофитоценозы, топинамбур, экономическая и энергетическая эффективность, Республика Карелия

ECONOMIC AND ENERGY EFFICIENCY OF PERENNIAL AGROPHYTOCENOSSES WITH THE JERUSALEM ARTICHOKE PARTICIPATION IN THE KARELIA CONDITIONS

L.P. Evstratova, *Grand PhD in Agricultural Sciences, Professor*

E.A. Kondratyuk, *PhD in Economic Sciences*

Laboratory of agricultural technologies "Vilga", Department of Multidisciplinary Scientific Research
of the Karelian Research Centre Russian Academy of Sciences, Novaya Vilga village, Republic of Karelia, Russia

E-mail: jelenkon@mail.ru

Abstract. The article presents the results of the research of cultivation technology of topinambur with perennial legumes and grasses in the Republic of Karelia. The highest dry mass yield (9.3 t/ha) has been achieved by joint agrophytocenosis with *Helianthus tuberosus* L. in comparison with the control of timothy grass + brome grass + clover (7.9 t/ha). Inclusion of topinambur has increased productivity of perennial stands of grass (7.99 thousand fodder units, 97.0 GJ of metabolizable energy, 1.34 t of crude protein per 1 ha). On the basis of economic and energy efficiency, it has been proved that agrophytocenoses of topinambur and perennial legumes and grasses are the most economically efficient. The maximum value of the agro-energy coefficient in terms of metabolizable energy has been obtained in the following variant: timothy grass + brome grass + clover + topinambur.

Keywords: agrophytocenoses, topinambur, economic and energy efficiency, Republic of Karelia

Кормопроизводство играет ключевую роль в рациональном природопользовании, сохранении ценных сельскохозяйственных угодий, улучшении экологической обстановки территорий, а также определяет состояние животноводства. Благополучие и продолжительность хозяйственного использования продуктивного поголовья молочного скота во многом зависят от производства высококачественных кормов. Полная реализация биологического потенциала животных возможна только при сбалансированном кормлении с учетом потребностей в питательных веществах.

За 2011–2020 годы в Республике Карелия объемы заготовок сена снизились из-за производства силоса (табл. 1). В кормопроизводстве чаще используют многолетние бобово-злаковые травостои с включением клевера лугового. Для увеличения

урожайности трав перспективно расширять видовой состав кормовых растений, среди которых высоким адаптивным потенциалом обладает топинамбур.

В условиях длинного светового дня его рекомендуют выращивать для получения листостебельной массы, характеризующейся высокой продуктивностью и биологической ценностью. [3, 7–9, 10, 14] Урожайность зеленой массы *H. tuberosus* на севере Европейской части России достигает 80 т/га (Вологодская область – 46, Архангельская – 24,4...44,2 т/га), процент сухого вещества – 22...26, в 100 кг содержится 18...20 корм. ед. (до 70...90 г и более переваримого протеина / корм. ед.). [2, 4] Топинамбур используют для заготовки сухих и сочных объемистых кормов. Растительная масса культуры, содержащая до 25...30% (к сухому веществу) сахаров, хорошо сочетается с однолетними и многолетними травами. [12]

* Работа выполнена в рамках Государственного задания научной темы FMEN-2022-0013 Пер. № НИОКР 122031000202-1 / The work was carried out within the framework of the State assignment of the scientific topic FMEN-2022-0013 R&D Reg. No. 122031000202-1.

Таблица 1.

Динамика посевной площади кормовых культур и производства основных кормов в Республике Карелия

Показатель	Год									
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Посевная площадь кормовых культур, тыс. га	27,7	25,2	26,0	26,2	26,5	27,4	27,5	27,3	28,7	25,6
Силос, тыс. т	27,5	25,8	30,5	25,1	34,6	31,3	23,3	23,5	41,5	39,2
Сено многолетних трав, тыс. т	14,2	11,2	12,4	12,7	13,2	9,1	10,8	8,2	9,7	8,6

Из-за высокого содержания сухих веществ силос получается хорошего качества, в процессе силосования рН снижается до 3,9...4,2. [6]

Выращивание топинамбура в составе комбинированных посевов – существенный резерв увеличения производства кормов растительного происхождения.

Цель работы – оценка экономической и энергетической эффективности многолетних агрофитоценозов с включением *H. tuberosus* в почвенно-климатических условиях Республики Карелия.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Опыт проведен на базе лаборатории агротехнологий «Вилга» отдела комплексных научных исследований ФИЦ «Карельский научный центр РАН» (КарНЦ РАН).

Эффективность выращивания кормовых культур во второй и третий годы жизни растений (2020–2021) оценивали, используя трехкомпонентные бобово-злаковые травостой клевера гибридного (сорт *Первенец*) или люцерны изменчивой (*Агния*), костреца безостого (*Воронежский 17*), тимофеевки луговой (*Олонская местная*), а также совместные агрофитоценозы с полосным чередованием (через 1,25 м) топинамбура и травосмесей. Контроль – смешанные бобово-злаковые травостой с участием клевера (или люцерны) и злаковых компонентов.

Перед посевом семена бобовых культур инокулировали штаммами ризоторфина. Посев многолетних трав беспокровный. Для весенней посадки использовали клубни топинамбура местных форм *H. tuberosus*. Масса одного клубня – 10...12 г, норма посадки – 28 тыс. шт./га, схема – 50 × 70 см, площадь учетной делянки – 20 м², повторность четырехкратная, метод размещения вариантов рендомизированный.

Из-за медленного роста растений топинамбура в первой половине вегетации его листостебельную массу убирали в сроки проведения второго укоса многолетних трав. В опытах с кормовыми культурами учитывали урожайность зеленой и сухой массы, биоэнергетическую и протеиновую продуктивность. На основе технологических карт рассчитали прямые затраты на возделывание многолетних кормовых культур, а также определили экономический эффект, положительное значение которого характеризует результативность использования производственных ресурсов на единицу площади. [1] Энергетическую эффективность оценивали с привлечением агроэнергетического коэффициента (АК) по выходу обменной энергии. [13] Технология считается эффективной, если указанный коэффициент более одного (в процентах – более 100).

Экспериментальные исследования с многолетними бобово-злаковыми травами и топинамбуром про-

водили согласно методикам полевого опыта. [5, 11] Биохимические показатели определяли на научном оборудовании КарНЦ РАН (спектрофотометр СФ-2000, атомно-абсорбционный спектрофотометр АА-7000, потенциометр Анион 4100). Обработку данных и расчет эффективности возделывания кормовых культур осуществляли с помощью программы Microsoft Excel.

В годы исследований полевые сезоны характеризовались вариабельностью метеорологических показателей, что негативно повлияло на формирование биомассы многолетних кормовых культур. В 2020 году недостаточная и неравномерная влагообеспеченность сочеталась с повышенной среднемесячной температурой воздуха в первой половине вегетации и снижением ее во второй. Особенность 2021 года заключалась в очень малом количестве осадков и повышенной среднемесячной температуре воздуха на протяжении всего полевого сезона.

Почва участка дерново-подзолистая, хорошо окультуренная легкосуглинистая. Содержание подвижных форм фосфора и калия высокое – до 439 и 301 мг/кг соответственно. Реакция почвенного раствора слабокислая (рН_{сол.} – до 5,3).

РЕЗУЛЬТАТЫ

В среднем за два года пользования смешанных и совместных ассоциаций изученных культур установлена тенденция снижения ростовых процессов трав ко второму укосу. В основном это связано с дефицитом почвенной влаги и неравномерным распределением осадков в межкосные периоды вегетации.

Топинамбур к первому укосу многолетних трав (вторая половина июня) еще не сформировал достаточный урожай листостебельной массы. Средние показатели длины его стеблей и количества листьев – 49,3 см и 11,4 шт. Ко времени учета урожая зеленой массы топинамбура вышеуказанные значения увеличились вдвое, массовая доля его в совместных агрофитоценозах постепенно возросла в среднем до 57,7%.

Особенность флористического состава, разная интенсивность роста и развития кормовых растений обусловили формирование неодинакового урожая надземной массы. При выращивании топинамбура с многолетними бобово-злаковыми травами увеличился сбор урожая биомассы, особенно в варианте с клевером гибридным (табл. 2). В совместных агрофитоценозах максимальные значения энергетической продуктивности за два укоса (7,99 тыс. корм. ед., 97,0 ГДж обменной энергии и 1,34 т сырого протеина/га) превышали показатели смешанных травостоев. Сухая биомасса более

Продуктивность, питательная ценность и экономическая эффективность многолетних агрофитоценозов с включением топинамбура

Показатель	Единицы измерения	Вариант опыта			
		тимофеевка + коострец + клевер	тимофеевка + коострец + люцерна	тимофеевка + коострец + клевер + топинамбур	тимофеевка + коострец + люцерна + топинамбур
Урожайность биомассы					
Зеленая масса		35,3	26,1	37,7	35,5
Сухая масса	т/га	7,9	6,5	9,3	9,0
Энергетическая и протеиновая продуктивность					
Кормовые единицы	тыс./га	7,40	5,44	7,99	7,74
Обменная энергия	ГДж/га	84,45	65,9	97,0	92,7
Сырой протеин	т/га	1,0	0,96	1,11	1,34
Всего прямых затрат на производство					
Сухая масса	руб./т	379,2	570,4	380,1	445,9
Кормовые единицы	руб./к.ед.	1,8	2,7	1,8	2,1
Сырой протеин	руб./кг	13,4	15,5	12,9	11,8
Экономический эффект					
Сухая масса		–	–	532,14	1114,75
Кормовые единицы	руб./га	–	–	1062,0	4830,0
Сырой протеин		–	–	1419,0	4484,0
Энергетическая эффективность					
Затраты совокупной энергии	ГДж/га	39,8	39,8	43,6	43,6
АК (по обменной энергии)	коэф.	2,12	1,66	2,22	2,13

сложных по составу ассоциаций кормовых культур характеризовалась высоким содержанием сырого протеина – до 20,24...21,43%. Обеспеченность 1 корм. ед. и 1 МДж обменной энергии переваримым протеином достигала 177...188 и 15,8...16,3 г соответственно. Энергонасыщенность 1 кг сухой массы – 1,05 корм. ед. и 11,4 МДж. При анализе питательной ценности сухой массы бобово-злаковых травостоев содержание сырого протеина – 18,32...24,13%. Обеспеченность 1 корм. ед. и 1 МДж обменной энергии – 152...222 и 13,8...18,9 г соответственно, концентрация энергии в 1 кг сухого вещества – 1,03 корм. ед. и 11,3 МДж.

По сравнению с контрольными вариантами включение топинамбура, обеспечившее повышение продуктивности агрофитоценозов за два укоса, способствовало снижению прямых затрат в расчете на единицу продукции. Максимальный экономический эффект получен в варианте тимофеевка + коострец + люцерна + топинамбур (табл. 2).

Важный показатель энергоэффективности возделывания кормовых растений – агроэнергетический коэффициент, который отражает отношение аккумулярованной фотосинтетической энергии произведенной продукции растениеводства к сумме совокупных затрат на ее получение. Расчеты показали, что на фоне относительно низкого уровня совокупных затрат при выращивании многолетних бобово-злаковых культур, участие топинамбура в составе агрофитоценозов способствовало более высокому выходу обменной энергии и, следовательно, повышению окупаемости энергозатрат.

Выводы. В условиях Карелии полосный способ культивирования топинамбура и трехкомпонентных многолетних бобово-злаковых травостоев (с участием тимофеевки луговой, коостреца без-

остого, люцерны изменчивой или клевера гибридного) обеспечивает с 1 га до 9,3 т сухой биомассы, 7,99 тыс. корм. ед. энергетической продуктивности, 97,0 ГДж обменной энергии, 1,34 т сырого протеина, в смешанных бобово-злаковых травостоях – 7,9, 7,40, 84,4 и 1,0 соответственно. В совместных ассоциациях кормовых культур сухая биомасса отличалась высоким содержанием сырого протеина – до 21,43%. Концентрация энергии в 1 кг сухого вещества – 1,05 корм. ед. и 11,4 МДж, обеспеченность 1 корм. ед. и 1 МДж переваримым протеином – 188 и 16,3 г соответственно.

Многолетние агрофитоценозы с включением топинамбура характеризуются высокими показателями урожайности биомассы, протеиновой продуктивности, а также экономической и энергетической эффективностью возделывания.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Беспятовых В.И., Лукин А.С., Лукина Е.В. Методические рекомендации по расчету технологических карт и оптимизации технологических уровней растениеводства на основе применения информационных технологий. Киров: Вятская ГСХА, 2008. 63 с.
- Вагунин Д.А., Иванова Н.Н., Амбросимова Н.Н. Многолетние травостои на основе новых сортов козлятника восточного и интенсивных видов злаковых трав // Международный научно-исследовательский журнал. 2019. № 6 (1). С. 97–100.
- Виноградова А.В., Паклина О.В., Анашкина Е.Н. Топинамбур – перспективное сырье биотехнологии // Вестник Пермского государственного технического университета. Химическая технология и биотехнология. 2010. № 11. С. 137–142
- Донских Н.А., Никулин А.Б. Травостои козлятника восточного для лугового кормопроизводства в Северо-

- ро-Западном регионе РФ // Кормопроизводство. 2017. № 6. С. 6–10.
5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Книга по требованию, 2012. 352 с.
 6. Дьяченко В.В., Дронов А.В., Дьяченко О.В. Высокоурожайные бобово-мятликовые травосмеси для агроклиматических условий юго-западной части Центрального региона // Земледелие. 2016. № 7. С. 31–35.
 7. Зеленков В.Н., Романова Н.Г. Топинамбур: агробиологический портрет и перспективы инновационного применения. М.: РГАУ-МСХА, 2012. 85 с.
 8. Икконен Е.Н., Фомина Ю.Ю., Шерудило Е.Г. и др. Эколого-физиологическая характеристика и оценка перспективности выращивания *Hellianthus tuberosus* L. на территории Карелии // Электронный журнал «Вестник МГОУ». 2014. № 1. С. 1–13.
 9. Коломейченко В.В. Растениеводство / Учебник. М.: Агробизнесцентр, 2007. С. 349–353.
 10. Кшникаткина А.Н. Нетрадиционные культуры – резерв в решении проблемы растительного сырья для биотоплива // Нива Поволжья. 2008. № 1 (6). С. 9–11.
 11. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами. М.: Россельхозакадемия, 1997. 156 с.
 12. Мишуров В., Рубан Г., Скупченко Л. Культура топинамбура. Практический опыт внедрения в сельскохозяйственное производство на севере. [Электронный ресурс], режим доступа: <https://ib.komisc.ru/add/old/t/ru/ir/vt/02-55/05.html> (11.11.2022).
 13. Михайличенко Б.П., Шпаков А.С., Кутузова А.А. Методическое пособие по агроэнергетической оценке технологий и систем ведения кормопроизводства. М.: Россельхозакадемия, 2000. 53 с.
 14. Основные сведения о топинамбуре. [Электронный ресурс], режим доступа: <http://www.topinambour.ru/allofhelth/120608012833.html> (30.1.2022).
 15. Республика Карелия. Статистический ежегодник. [Электронный ресурс], режим доступа: [https://krl.gks.ru/storage/mediabank/02011\(2\).pdf](https://krl.gks.ru/storage/mediabank/02011(2).pdf) (30.11.2022).
- REFERENCES**
1. Bespyatyh V.I., Lukin A.S., Lukina E.V. Metodicheskie rekomendacii po raschetu tekhnologicheskikh kart i optimizacii tekhnologicheskikh urovnej rastenievodstva na osnove primeneniya informacionnyh tekhnologij. Kirov: Vyatskaya GSKHA, 2008. 63 s.
 2. Vagunin D.A., Ivanova N.N., Ambrosimova N.N. Mno-goletnie travostoi na osnove novyh sortov kozlyatnika vostochnogo i intensivnyh vidov zlakovyh trav // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal. 2019. № 6 (1). S. 97–100.
 3. Vinogradova A.V., Paklina O.V., Anashkina E.N. Topinambur – perspektivnoe syr'e biotekhnologii // Vestnik Permskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Himicheskaya tekhnologiya i biotekhnologiya. 2010. № 11. S. 137–142
 4. Donskih N.A., Nikulin A.B. Travostoi kozlyatnika vostochnogo dlya lugovogo kormoproizvodstva v Severo-Zapadnom regione RF // Kormoproizvodstvo. 2017. № 6. S. 6–10.
 5. Dospikhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy). M.: Kniga po trebovaniyu, 2012. 352 s.
 6. D'yachenko V.V., Dronov A.V., D'yachenko O.V. Vysokourozhaynye bobovo-myatlikovye travosmesi dlya agroklimaticeskikh uslovij yugo-zapadnoj chasti Central'nogo regiona // Zemledelie. 2016. N 7. S. 31–35.
 7. Zelenkov V.N., Romanova N.G. Topinambur: agrobiologicheskij portret i perspektivy innovacionnogo primeneniya. M.: RGAU-MSKHA, 2012. 85 s.
 8. Ikkonen E.N., Fomina Yu. Yu., Sherudilo E.G. i dr. Ekologo-fiziologicheskaya harakteristika i ocenka perspektivnosti vyra-shchivaniya *Hellianthus tuberosus* L. na territorii Karelii // Elek-tronnyj zhurnal «Vestnik MGOU». 2014. № 1. S. 1–13.
 9. Kolomejchenko V.V. Rastenievodstvo / Uchebnik. M.: Agrobiznes-centr, 2007. S. 349–353.
 10. Kshnikatkina A.N. Netradicionnye kul'tury – rezerv v reshenii problemy rastitel'nogo syr'ya dlya biotopliva // Niva Povolzh'ya. 2008. № 1 (6). S. 9–11.
 11. Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu polevyh opytov s kormovy-mi kul'turami. M.: Rossel'hozakademiya, 1997. 156 s.
 12. Mishurov V., Ruban G., Skupchenko L. Kul'tura topinambura. Prak-ticheskij opyt vnedreniya v sel'skohozyajstvennoe proizvodstvo na severe. [Elektronnyj resurs], rezhim dostupa: <https://ib.komisc.ru/add/old/t/ru/ir/vt/02-55/05.html> (11.11.2022).
 13. Mihajlichenko B.P., Shpakov A.S., Kutuzova A.A. Metod-icheskoe po-sobie po agroenergeticheskoy ocenke tekhnologij i sistem vedeniya kormoproizvodstva. M.: Rossek-hozakademiya, 2000. 53 s.
 14. Osnovnye svedeniya o topinambure. [Elektronnyj resurs], rezhim dostupa: <http://www.topinambour.ru/allofhelth/120608012833.html> (30.1.2022).
 15. Respublika Kareliya. Statisticheskij ezhegodnik. [Elektronnyj resurs], rezhim dostupa: [https://krl.gks.ru/storage/mediabank/02011\(2\).pdf](https://krl.gks.ru/storage/mediabank/02011(2).pdf) (30.11.2022).

Поступила в редакцию 10.03.2023

Принята к публикации 24.03.2023