

ВЕСЦІ

НАЦЫЯНАЛЬнай АКАДЭМІІ НАВУК БЕЛАРУСІ

СЕРЫЯ АГРАРНЫХ НАВУК 2015 № 2

ИЗВЕСТИЯ

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ

СЕРИЯ АГРАРНЫХ НАУК 2015 № 2

ЗАСНАВАЛЬНІК – НАЦЫЯНАЛЬНАЯ АКАДЭМІЯ НАВУК БЕЛАРУСІ

Часопіс выдаецца са студзеня 1963 г.

Выходзіць чатыры разы ў год

ЗМЕСТ

ЭКАНОМІКА

Гусаков В. Г., Шпак А. П., Запольский М. И., Пилипук А. В., Субоч Ф. И. Механизмы устойчивого сбалансированного развития продуктовых структур в рамках кластерного институционального пространства продовольственной системы Евразийского экономического союза.....	4
Байгот М. С. Конкурентоспособность сельскохозяйственной продукции Беларуси на внешних рынках: методология оценки и реализация экспортного потенциала	19
Запольский М. И. Научные основы интеграционных процессов в АПК Беларуси	30

ЗЕМЛЯРОБСТВА І РАСЛІНАВОДСТВА

Михайловская Н. А., Таврыкина О. М., Путятин Ю. В., Погриницкая Т. В. Влияние обеспеченности дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы обменным магнием на ее биологическую активность и урожайность сельскохозяйственных культур	36
Привалов Ф. И., Шор В. Ч. Перспективы возделывания, селекции и семеноводства люпина в Беларуси ...	47
Долматович Т. В., Булойчик А. А., Борзяк В. С., Гриб С. И., Буштевич В. Н. Маркирование генов устойчивости к бурой ржавчине и их экспрессия на разных стадиях онтогенеза у сортов и перспективных образцов озимого тритикале.....	54

Божидай Т. Н., Волосевич Н. Н., Кухарчик Н. В. Анализ генетической стабильности растений голубики сорта Duke, полученных в культуре <i>in vitro</i>	60
Тарасевич А. Г., Лапа В. В., Милоста Г. М. Химический состав валерианы лекарственной и вынос элементов минерального питания продукцией	64
Бойко С. В., Слабожанкина О. Ф. Пьявицы р. <i>Ouleta</i> в агроценозах зерновых культур Беларуси	70

ЖЫВЁЛАГАДОЎЛЯ І ВЕТЭРЫНАРНАЯ МЕДЫЦЫНА

Шейко И. П., Танана Л. А., Коско И. С., Приступа Н. В., Бурнос А. Ч. Репродуктивные качества свиноматок при скрещивании с гибридными хряками специализированных мясных пород	76
Голушко В. М., Надаринская М. А., Козинец А. И., Голушко О. Г., Козинец Т. Г. Субстрат после выращивания гриба вешенка обыкновенная (<i>Pleurotus ostreatus</i>) в кормлении крупного рогатого скота	81
Никитина И. А. Влияние направленного отбора в ряде поколений на продуктивные и мясные качества уток кросса «Темп»	89
Агеев В. Ю. Экологические проблемы рыбоводства в Республике Беларусь и пути их решения	95

МЕХАΝІЗАЦЫЯ І ЭНЕРГЕТЫКА

Ленский А. В., Иванов Е. М., Каждан Е. Методические аспекты оптимизации парка технических средств для растениеводства	102
Китун А. В. Малозатратный способ формирования кормосмеси животным	112

ПЕРАПРАЦОЎКА І ЗАХАВАННЕ СЕЛЬСКАГА СПАДАРЧАЙ ПРАДУКЦЫІ

Ловкис З. В., Шабета М. П. Фильтрация жидкотекучих технологических суспензий в пищевых технологиях	118
---	-----

ИЗВЕСТИЯ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ 2015 № 2

Серия аграрных наук

На русском, белорусском и английском языках

Журнал зарегистрирован в Министерстве информации Республики Беларусь,
свидетельство о регистрации № 396 от 18.05.2009

Тэхнічны рэдактар В. А. Гоўстая
Камп'ютарная вёрстка М. Э. Малярэвіч

Здадзена ў набор 07.04.2015. Падапісана да друку 25.04.2015. Выхад у свет 29.04.2015. Фармат 60×84 1/8.
Папера афсетная. Друк лічбавы. Ум. друк. арк. 14,88. Ул.-выд. арк. 16,4. Тыраж 110 экз. Заказ 68.
Кошт нумару: індывідуальная падпіска – 70 150 руб., ведамасная падпіска – 169 991 руб.

Выдавец і паліграфічнае выкананне:

Рэспубліканскае ўнітарнае прадпрыемства «Выдавецкі дом «Беларуская навука». Пасведчанне аб дзяржаўнай
рэгістрацыі выдаўца, вытворцы, распаўсюджвальніка друкаваных выданняў № 1/18 ад 02.08.2013.
ЛП № 02330/455 ад 30.12.2013. Вул. Ф. Скарыны, 40, 220141, Мінск.

© Выдавецкі дом «Беларуская навука».
Весці НАН Беларусі. Серыя аграрных навук, 2015

PROCEEDINGS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF BELARUS

AGRARIAN SERIES 2015 N 2

FOUNDER IS THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF BELARUS

The Journal has been published since January 1963

Issued four times a year

CONTENTS

ECONOMICS

- Gusakov V. G., Shpak A. P., Zapolsky M. I., Pilipuk A. V., Suboch F. I.** Mechanisms of the sustainable balanced development of the structures within cluster institutional space of the food system of the Eurasian Economic Union 4
- Bajgot M. S.** Competitiveness of agricultural products of Belarus at foreign markets: assessment methodology and fulfillment of the export potential 19
- Zapolsky M. I.** Scientific bases of integration processes in the agro-industrial complex of Belarus 30

AGRICULTURE AND PLANT CULTIVATION

- Mikhailovskaya N. A., Tavrykina O. M., Putyatin Yu. V., Pogirnikskaya T. V.** Influence of the supply of luvisol sandy loam soil with exchangeable magnesium on its biological activity and the yield of crops 36
- Privalov Ph. I., Shor V. Ch.** Prospects of cultivation, breeding and seed growing of lupine in Belarus 47
- Dolmatovich T. V., Buloichik A. A., Borzyak V. S., Grib S. I., Bushtevich V. N.** Marking of resistance genes to leaf rust and their expression at different stages of ontogenesis in winter triticale varieties and samples 54
- Bozhiday T. N., Volosevich N. N., Kukharchik N. V.** Analysis of the genetic stability of *in vitro* propagated blueberry (cv. Duke) 60
- Tarasevich A. G., Lapa V. V., Milosta G. M.** Chemical composition of valerian and removal of mineral nutrition elements 64
- Boyko S. V., Slabozhankina O. F.** Cereal leaf beetle *Oulema* in agrocoenosis of cereal crops of Belarus 70

ANIMAL HUSBANDRY AND VETERINARY MEDICINE

- Sheyko I. P., Tanana L. A., Kosko I. S., Pristupa N. V., Burnos A. Ch.** Reproductive qualities of sows when crossed with hybrid boars of specialized meat breeds 76
- Golucho V. M., Nadarinskaya M. A., Kozinets A. I., Golushko O. G., Kozinets T. G.** After growing fungus medium in cattle feeding 81
- Nikitina I. A.** Influence of directional selection on productive and meat qualities of ducks of the Temp cross 89
- Ageyets V. Y.** Ecological problems of fisheries in the Republic of Belarus and their solutions 95

MECHANIZATION AND POWER ENGINEERING

- Lenski A. V., Ivanov E. M., Kazhdan N. E.** Methodological aspects of optimization of the tractor fleet for plant breeding 102
- Kitun A. V.** Cost-effective way of feed mixture formation 112

PROCESSING AND STORAGE OF AGRICULTURAL PRODUCTION

- Lovkis Z. V., Shabeta M. P.** Filtration of fluid suspensions in food technologies 118

ЭКАНОМІКА

УДК 338.436.33 (470+476+574)

*В. Г. ГУСАКОВ¹, А. П. ШПАК², М. И. ЗАПОЛЬСКИЙ²,
А. В. ПИЛИПУК², Ф. И. СУБОЧ²*

МЕХАНИЗМЫ УСТОЙЧИВОГО СБАЛАНСИРОВАННОГО РАЗВИТИЯ ПРОДУКТОВЫХ СТРУКТУР В РАМКАХ КЛАСТЕРНОГО ИНСТИТУЦИОНАЛЬНОГО ПРОСТРАНСТВА ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ ЕВРАЗИЙСКОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО СОЮЗА

¹Президиум НАН Беларуси, Минск, Беларусь, e-mail: agro-vesti@mail.ru

*²Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси, Минск, Беларусь,
e-mail: agrecinst@mail.belpak.by*

(Поступила в редакцию 23.12.2014)

Стратегической задачей современного развития Беларуси является достижение максимально высоких темпов экономического роста путем создания диверсифицированной, конкурентоспособной и устойчивой к воздействию внешних факторов экономики. Эти особенности определяют важнейшие характеристики ее экономического роста. Во-первых, он должен быть долгосрочным и устойчивым, во-вторых, отличаться высоким качеством, в-третьих, относительно равномерным на всей территории, в-четвертых, быть конкурентоспособным, в-пятых, ориентированным на обеспечение высокого уровня жизни всего населения [1]. Необходимой предпосылкой такого роста является своевременное разрешение противоречий, порождаемых структурными изменениями, стимулирование инновационного развития экономики, повышение эффективности использования факторов производства, либерализация внешних экономических связей, формирование адекватных условий для модернизации хозяйства страны.

Требуется научное обоснование подходов к формированию институциональных условий и предпосылок устойчивого экономического роста, разработке организационно-экономических механизмов структурной и технологической модернизации агропромышленного комплекса [2]. Необходимы обоснованные теоретико-методологические решения в области максимального задействования и эффективного использования экономического потенциала и конкурентных преимуществ регионов, поскольку именно на местах осуществляется генерирование прорывных технологий за счет создания инновационных систем, ориентированных на принципиально новые технологии, способные играть роль базисных инноваций, т. е. подготовка технологических платформ для подъема и устойчивого развития всей экономики страны. Именно инвестиционная стратегия должна быть направлена в такие инновации, которые могут обеспечить стране «технологический прорыв» и повысить долю «интеллектуальной составляющей». Изложенное обуславливает актуальность исследований широкого круга вопросов, связанных с формированием новой парадигмы устойчивого сбалансированного развития продуктовых структур в рамках кластерного институционального пространства продовольственной системы Евразийского экономического союза (ЕАЭС).

Более того, в условиях глобализации экономики очевидно, что наличие ресурсных преимуществ на сегодняшний день не является залогом успешного существования в конкурентной среде. Как показывает мировой опыт, эффективнее традиционного бизнеса оказываются кластерные формы организации производства, представляющие собой систему взаимовыгодных отношений продуктовых структур на региональном и международном уровнях.

С помощью системы кластеров можно добиться гибкости при больших масштабах, при этом развитие кластеров и крупных вертикально-интегрированных структур может дополнять друг друга. Для экономики Евразийского экономического союза может быть крайне выгодным создание устойчивых субконтрактинговых схем, скрепляющих воедино кластерное институциональное пространство стран ЕАЭС, состоящего из ключевых для развития отраслей агропромышленного комплекса.

Понимание природы устойчивого сбалансированного развития продуктовых структур в рамках кластерного институционального пространства продовольственной системы ЕАЭС позволяет выделить преимущества, определяющие конкурентные позиции хозяйствующих субъектов на региональном и международном уровнях, обеспечивающие рост масштабов и динамики инвестиционной и инновационной активности. Отдельной проблемой представляется необходимость изучения условий и инструментов формирования конкурентных преимуществ кластерного институционального пространства [3].

В данном контексте нами дано определение «кластерного институционального пространства в продовольственной системе ЕАЭС» – это система взаимовыгодных отношений продуктовых структур на региональном и международном уровнях, характер связей между которыми имеет признаки устойчивого сбалансированного развития субъектов интеграции на основе взаимодействия инновационного, инвестиционного и интеграционного полей в рамках общего институционального пространства стран – участников ЕАЭС, которые позволяют создавать инновации, а также формировать коллективный бренд, выступающий определителем качества и эффективности производимой продукции, что, в свою очередь, является основой конкурентного преимущества продовольственной системы Евразийского экономического союза.

Эмерджентно-синергетический эффект от устойчивого сбалансированного развития продуктовых структур в рамках кластерного институционального пространства (устойчивость, информационный обмен, снижение издержек, долгосрочные контрактные отношения, инновационные решения, разработка и внедрение новых стратегий) создает благоприятные условия для формирования конкурентных преимуществ ЕАЭС [4]. Причем процесс диффузии ресурсов – взаимного проникновения и распространения процессов – сокращает пространственно-временные затраты на получение ключевого ресурса (технологии, знания, информации и др.).

Необходимо также отметить конкурентные преимущества продуктовых структур в рамках кластерного институционального пространства – это совокупность сравнительных (абсолютных и относительных) преимуществ хозяйствующих субъектов на региональном и международном уровнях. На региональном уровне уникальные природные, трудовые ресурсы, наличие ключевого ресурса кластера формируют абсолютные преимущества; внутренние процессы (конкуренция, кооперация, диффузия ресурсов), институциональные условия, а также кластерные схемы сотрудничества (образование, инновации, логистика, государственные заказы, коллективный бренд, инвестиционные программы, стандартизация продукции) образуют относительные преимущества [5].

Функционирование продуктовых структур (табл. 1) в рамках кластерного институционального пространства продовольственной системы ЕАЭС, с одной стороны, снижает барьеры внедрения передовых разработок в производство, с другой стороны, способствует развитию технических инноваций (технологических платформ), повышает конкурентоспособность, оказывает позитивное влияние на инновационные процессы и экономику страны в целом.

Организационно-экономический механизм устойчивого сбалансированного развития продуктовых структур в рамках кластерного институционального пространства – это системный набор мероприятий, рычагов, инструментов, институтов, обеспечивающих технологический, организационный, управленческий прорыв в новое технологическое пространство, переход на новую технологическую платформу, увеличивающую рыночную стоимость предприятия.

В основе устойчивого сбалансированного развития продуктовых структур в рамках технологических платформ кластерного институционального пространства продовольственной системы ЕАЭС лежит кластерное и межкластерное сотрудничество, на котором базируется инновационное развитие регионов. Это аргументируется тем, что технологические платформы имеют широкие потенциальные возможности для решения задач инновационного развития продуктовых

Таблица 1. Содержание региональной кластерной стратегии

Цель	Задачи	Мероприятия, реализуемые государством
Консолидация участников	Анализ возможностей создания кластерных образований	Оценка региональных конкурентных преимуществ, уровня специализации региона, конкурентоспособности отраслей региона и определение перечня видов деятельности для формирования кластера; анализ практики создания кластеров
	Формирование кластерных инициатив	Формирование рабочей группы (власть и бизнес) с целью выявления «узких мест», проблем и выработки коллективного видения их решения; концентрация усилий на поддержке стратегически важных для региона кластерных инициатив и/или кластеров; институционализация кластерных инициатив
	Определение схем взаимодействия хозяйствующих субъектов кластеров	Анализ существующих контрактных и неконтрактных отношений между хозяйствующими субъектами региона; распространение информации по ключевым позициям формирования кластеров в регионе и повышение уровня осведомленности субъектов рынка о преимуществах кластерных взаимосвязей
	Установление взаимодействия между субъектами кластера	Посредничество государства в налаживании системы связей и обмена знаниями; развитие контрактных механизмов
Поддержка кластерных образований в развитии конкурентных преимуществ	Формирование нормативно-правового обеспечения	Разработка кластерной стратегии развития региона, дорожных карт реализации проекта, разграничение зон и полномочий ответственности
	Развитие механизмов финансовой и информационной поддержки	Реализация мер налогового стимулирования, финансовой поддержки продуктовых структур, технологическому сопровождению, кадровой политике; льготное кредитование; субсидирование; частичное финансирование внутрикластерных трансакционных издержек; частичное страхование рисков предприятий кластера
	Развитие социальной, транспортной инфраструктуры	Инвестирование в развитие телекоммуникационной инфраструктуры, транспортной, инженерной; оценка их надежности
	Повышение эффективности систем высшего и профессионального образования	Создание специализированных программ повышения квалификации; организация производственной практики студентов; развитие патронажа, ученичества на предприятиях кластера
Устойчивое развитие и выход на международный рынок	Обеспечение возможностей выхода на внешний рынок	Сертификация по международным стандартам; повышение образовательных и экологических стандартов; участие в международных выставках
	Содействие развитию инновационной инфраструктуры	Содействие проведению участниками кластера и предприятиями и организациями инновационной и научной инфраструктуры совместных НИОКР; содействие разработке программ долгосрочных партнерских исследований; разработка и реализация проектов финансирования и реализации НИОКР
	Продвижение регионального бренда	Проведение маркетинговых мероприятий
	Обеспечение «точек роста» кластерных образований	Мониторинг и прогнозирование потребностей участников кластера в специализированных человеческих и иных ресурсах

структур, поскольку направлены на первоочередное развитие перспективных инновационно ориентированных отраслей агропромышленного комплекса.

Технологические платформы выполняют ряд функций: информационно-коммуникационную (обмен информацией, формирование рабочих контактов, по различным вопросам инновационной деятельности), стимулирующую (мотивирование участников платформы к более интенсивному занятию инновационной деятельностью), интегрирующую (объединение участников для реализации совместных инновационных проектов).

Технологическая платформа в кластерном институциональном пространстве способна оказать содействие отлаживанию более эффективного механизма инвестирования, что характеризует еще одну функцию – имиджевую. Кроме того, объединение на одной площадке заинтересованных в инновационном развитии региона субъектов оказывает позитивное влияние на формирование условий для защиты интеллектуальной собственности, развитие кадрового потенциала

региона для потребностей отраслей в продовольственной системе ЕАЭС, повышая тем самым компетенции и профессионализм участников технологической платформы.

Исходя из этого технологическая платформа рассматривается нами с позиции коммуникационной площадки, обеспечивающей эффективное взаимодействие субъектов интеграции на основе взаимодействия инновационного, инвестиционного и интеграционного полей в рамках общего институционального пространства стран – участников ЕАЭС, которые позволяют создавать инновации, а также формировать коллективный бренд, выступающий определением качества и эффективности производимой продукции, что, в свою очередь, является основой конкурентного преимущества продовольственной системы Евразийского экономического союза.

Таким образом, трансформация (достройка) кластерного институционального пространства в продовольственной системе ЕАЭС способна обеспечить эффективную коммуникацию между участниками инновационного процесса в целях развития приоритетных инновационно ориентированных отраслей экономики. Необходимо также учесть новые факторы устойчивого сбалансированного развития продуктовых структур в рамках кластерного институционального пространства продовольственной системы ЕАЭС (нелинейность, неравновесность, глобализация, гиперконкуренция, открытость рынков).

Для построения организационно-экономического механизма устойчивого сбалансированного развития продуктовых структур в рамках технологических платформ кластерного институционального пространства должны быть учтены следующие необходимости: перевод производственной системы в качественно новое состояние; включение новых институтов развития и новых форм институциональных отношений; обеспечение генерации базовых технологических инноваций; обеспечение формирования эмерджентно-синергетических эффектов как на уровне системы в целом, так и на уровне отдельных отраслей агропромышленного комплекса.

Продуктовые структуры, увеличивающие свою рыночную стоимость, имеют больше возможностей привлекать новый капитал для создания и внедрения инноваций, улучшения качества существующих продуктов, выхода на рынки или создания новых рабочих мест. Показатели приращения стоимости продуктовых структур включаются в наиболее известный *приростный* метод (прирост стоимости бизнеса) оценки эффективности инноваций [6].

Инновационный продукт последней формируется как за счет собственных, так и заемных средств, поэтому структура капитала влияет на эффективность инновации. Кроме того, инновация может продаваться как целиком, так и в виде отдельных подсистем и даже элементов, при этом стоимость инновационного продукта как целого не обязательно совпадает с суммой стоимостей составляющих его частей в силу эффекта эмерджентности. Стоимость инновации определяется затратами на ее создание и воспроизводство, в цену добавляется оценка «неосязаемых» активов (ценность гарантии, страховки, лицензии, хорошие взаимоотношения с клиентами и другие нерегистрируемые активы, включая ценность доброго имени компании (гудвилл)).

Второй метод оценки эффективности инноваций – *затратный* – опирается на теорию стоимости. Эффективность инновационной деятельности рассматривается с точки зрения текущих и единовременных издержек – метод минимизации или оптимизации затрат.

Третий метод оценки эффективности инноваций – *доходный* – базируется на представлении о полезности: потребительная ценность инновации как объекта собственности заключается в способности удовлетворять потребность в получении новых технологий, товаров, рынков, знаний.

Четвертый метод оценки эффективности инноваций – *сравнительный, или рыночный*, – вытекает из теории спроса и предложения, которое должно отражать свойства рынка и рыночной экономики, что, в свою очередь, позволяет применить ожидаемые значения к методикам планирования, прогнозирования и моделирования.

Роль инновационной составляющей состоит в повышении эффективности использования ресурсов в области разработки и внедрения инноваций для усиления продовольственной конкурентоспособности. В сложившихся условиях в качестве первичной задачи усиления продовольственной конкурентоспособности Евразийского экономического союза следует рассматривать трансформацию кластерного институционального пространства в продовольственной системе ЕАЭС.

Более того, существуют проблемы, ограничивающие устойчивое сбалансированное развитие продуктовых структур: высокий износ основных фондов, негативно сказывающийся на качестве выпускаемой продукции; недостаточно развитая институциональная и производственная инфраструктура поддержки развития кластеров; отсутствие практики стратегического и организационного планирования развития кластера; невысокий уровень корпоративных связей между продуктовыми структурами; неразвитость рынка специализированных услуг во многих отраслевых секторах.

Для изменения существующей неблагоприятной ситуации необходимы формирование и реализация структурной кластерной политики, нацеленной на создание условий для организационного развития, включая выявление уже сложившихся кластеров, разработку стратегий развития, устранение препятствий для этого. Особую поддержку должны получать проекты, направленные на формирование кластерного институционального пространства межрегионального уровня. Применительно к агропромышленному комплексу разработка механизма устойчивого сбалансированного развития продуктовых структур в рамках кластерного институционального пространства продовольственной системы ЕАЭС заключается в следующем.

Во-первых, механизм предполагает, прежде всего, внедрение как базисных, так и улучшающих технологических инноваций и направлен на решение одной из важнейших проблем отечественного АПК – проблемы износа основных фондов.

Во-вторых, реализация механизма требует серьезных капиталовложений в разработку и коммерциализацию новшеств, что предопределяется еще и тем, что агропромышленный комплекс относится к числу капиталоемких отраслей.

В-третьих, специфика механизма заключается в возможности освоения инновационных технологий, так как многие крупные перерабатывающие предприятия имеют высокоподготовленный инженерно-технический потенциал.

В-четвертых, в настоящее время большое значение в агропромышленном комплексе имеют процессы, связанные со слияниями и поглощениями, результатом которых является образование интеграционных структур. Специфика инновационных структур заключается в том, что они способны аккумулировать ресурсный потенциал для дальнейшего инновационного развития всей отрасли. В рамках реализации институциональных проектов поставленные цели должны получить воплощение в нормативных правовых актах и программных документах, рассматриваемых как инструменты реализации проектов формирования технологических платформ и как эффективный инструмент инновационного развития регионов с учетом их особенностей.

Кроме того, усложнение экономических отношений, усиление, наряду с технологическими факторами, значимости институциональных факторов экономического развития обуславливает необходимость учета транзакционных издержек и оценки их влияния на воспроизводственный процесс. При этом следует принимать во внимание, что основная часть издержек носит скрытый характер и не отражается в документах финансово-хозяйственной деятельности продуктовых структур, затрудняя их количественную оценку. Поэтому существенным резервом снижения себестоимости продукции является оптимизация и регулирование издержек, что в комплексе с эффективным управлением является одним из ключевых факторов устойчивого развития и конкурентоспособности продуктовых структур.

Но если оптимизация материальных затрат лежит в области технологии производства, то оптимизация затрат находится в плоскости институциональных изменений. Транзакционные издержки представляют собой затраты, связанные с входом (выходом) на рынок, доступом к ресурсам, передачей, спецификацией и защитой прав собственности, заключением и обслуживанием деловых отношений.

Таким образом, устойчивое сбалансированное развитие продуктовых структур в рамках кластерного институционального пространства позволяет не только снижать транзакционные издержки, но и способствует усилению продовольственной конкурентоспособности Евразийского экономического союза. По мере развития рыночной экономики продовольственная конкурентоспособность ЕАЭС становится одной из центральных проблем не только экономической, но и социальной жизни. В свою очередь, в условиях развития инновационных процессов все более важную роль в усилении последней начинают играть так называемые мягкие факторы конкурентоспособности институционального характера.

Более того, целостность кластерного институционального пространства оказывает непосредственное воздействие на свойства и качества отдельных элементов, составляющих продовольственную систему. Их развитие становится невозможным или неэффективным вне системы, вне взаимодействия с другими ее элементами. Свойства продуктовых структур как целостной продовольственной системы ЕАЭС определяются не только и не столько суммированием отдельных элементов, сколько свойствами их структуры, особыми системообразующими, интеграционными связями.

Устойчивое сбалансированное развитие продуктовых структур – это не только эффективное использование ресурсов. Оно связано с возможностью извлечения монопольных выгод от технологических условий производства, а также с формированием кластеров взаимосвязанных отраслей. Выделение АПК как единого целого (мезоуровень) позволяет охарактеризовать интенсивность и глубину развития межотраслевых связей, составляющих объективную основу сбалансированности продовольственной системы ЕАЭС. Для оценки конкурентоспособности на мезоуровне необходимо учитывать структуру отрасли; ее основные экономические и технические характеристики, значительно различающиеся по отраслям продовольственной системы ЕАЭС; роль и место отрасли в национальной экономике.

Повышение конкурентоспособности на основе развития кластерного институционального пространства продовольственной системы ЕАЭС позволяет оптимальным образом сочетать межотраслевой и территориальный подход к управлению, стимулировать развитие интеграционных процессов, дающих эмерджентно-синергетический эффект от взаимодействия продуктовых структур, входящих в кластер, не только по вертикали, но и по горизонтали. Более того, кластеризация как межотраслевой подход к структурированию АПК, нацеленный на использование конкурентных преимуществ территориальной локализации в агропромышленной стратегии, обеспечивает эффект межотраслевых сдвигов по всей воспроизводственной цепочке. В целом решение задач по усилению продовольственной конкурентоспособности Евразийского экономического союза следует концентрировать на следующих первостепенных направлениях:

- улучшение институциональной среды, создание в агропромышленном комплексе равных с другими отраслями условий получения рыночных доходов;

- развитие рыночной инфраструктуры (товаропроводящих сетей оптовых рынков, бирж), устранение административных барьеров, улучшение информационного обеспечения;

- развитие конкурентной среды, включая антимонопольное законодательство. Необходимо стимулирование процесса формирования экономически активных субъектов АПК за счет снижения влияния колебаний рыночной конъюнктуры на поведение экономических субъектов; дальнейшего повышения финансовой устойчивости предприятий; совершенствования механизмов слияний и поглощений с целью перехода активов к наиболее инновационным пользователям;

- дальнейшее развитие ресурсного потенциала (кадры, техника, земля, биологические ресурсы), что требует реализации ряда специальных целевых программ: формирование кадрового потенциала, создание условий для закрепления квалифицированных кадров в АПК; развитие лизинга техники и повышения конкуренции на рынке лизинговых услуг; стимулирование научной и инновационной деятельности, формирование системы информационного обеспечения АПК.

Устойчивое сбалансированное развитие продуктовых структур в рамках кластерного институционального пространства должно быть направлено на то, чтобы, с одной стороны, сохранить потенциал перспективных производств и создать условия для их роста не только при благоприятной, но и при неблагоприятной экономической конъюнктуре, с другой – облегчить процессы высвобождения капитала и труда из устаревших и бесперспективных производств, обеспечить их санацию и перепрофилирование. Очевидно, что большинству отраслей агропромышленного комплекса требуется программа двухэтапной модернизации производственных фондов на основе техники и технологии пятого уклада в среднесрочной перспективе с постепенным наращиванием доли шестого – в долгосрочной.

Основные цели и направления по стимулированию устойчивого сбалансированного развития продуктовых структур в рамках кластерного институционального пространства, несущие в себе элементы технологического производства, информатизации, качественных изменений социальных критериев, приведены в табл. 2.

Таблица 2. Основные цели и направления по стимулированию устойчивого сбалансированного развития продуктовых структур

Цели	Направления
<i>Ресурсно-технологические</i>	
Подготовка комплексной ресурсной базы расширенного общественного воспроизводства Создание ресурсных предпосылок смены технологических укладов, постепенного перехода на инновационный тип развития Обеспечение наибольшего энерго- и ресурсосбережения за счет приоритетного развития научно-технической и инновационной сфер	Оптимизация отраслевой структуры экономики и ее иерархической конструкции Интеграция науки, производства и рынка Приоритетное развитие образовательной и научно-технической сфер Активизация инвестиционной деятельности и структурирование инвестиционных потоков Обеспечение реального перелива производительного капитала в приоритетные отрасли и виды деятельности
<i>Институциональные и организационно-экономические</i>	
Пропорциональное развитие всех форм собственности по критерию наивысшей результативности развития экономики Обеспечение конкурентоспособности и экономической устойчивости первичного и корпоративного звена экономики Выравнивание уровней социально-экономического развития регионов Формирование конкурентной среды Формирование и развитие собственных ниш на мировых рынках наукоемких товаров и услуг Содействие усилению продовольственной конкурентоспособности ЕАЭС Развитие экспорта и импортозамещения Формирование кластеров в субъектах ЕАЭС	Оптимизация соотношения крупных и малых форм в производстве и рыночном распределении Содействие устойчивому сбалансированному развитию продуктовых структур в продовольственной системе ЕАЭС Реструктурирование первичного производственного звена; интеграция продуктовых структур Развитие экономических отношений в рамках кластерного институционального пространства Выведение из хозяйственного оборота неэффективных производств Развитие образования и мобильности трудовых ресурсов Стимулирование спроса на продукцию приоритетной отрасли, сферы деятельности

Для устойчивого сбалансированного развития продуктовых структур в рамках технологических платформ кластерного институционального пространства продовольственной системы ЕАЭС введем понятие *«технологическая плотность институционального пространства»*, под которой будем понимать степень технологической близости взаимодействующих отраслей и технологий, причем если однородность технологического пространства характеризует дифференциацию технического уровня производства в различных секторах или сегментах всего институционального пространства, то плотность технологического пространства обозначает характерную для данной отрасли дифференциацию в техническом уровне непосредственно взаимодействующих ресурсов и технологий [7].

Технологическая плотность в кластерном институциональном пространстве продовольственной системы ЕАЭС отражает степень сопряженности, взаимной подгонки взаимодействующих отраслей и технологий, она должна быть выше в той экономической среде, которая порождает более высокие и жесткие требования к качеству продукции.

Даже если совершенно тождественные отрасли и технологии поместить в рамки технологических платформ кластерного институционального пространства, со временем фактическое соотношение качественного уровня взаимодействующих технологий может довольно существенно измениться. Итак, технологическая плотность определяется не только собственно технологическими причинами, но и институциональными условиями функционирования производства. Фактически речь идет не только о жесткости соблюдения технологических требований при производственных процессах, но и о различных требованиях к характеристикам устойчивого сбалансированного развития продуктовых структур.

Повышение качества продукции и технологические совершенствования, с одной стороны, опираются на развитие науки и техники, с другой, являются функцией развития потребностей рынка. И улучшения, вытекающие из потребностей рынка, и инновации, преследующие задачу снижения издержек производства, могут быть обращены на различные элементы технологий, расположенных как в конце, так и в начале или середине технологических цепей.

Теоретически, с точки зрения сохранения максимального уровня плотности всего технологического пространства в продовольственной системе ЕАЭС, очевидно, что идеальным было бы одновременное повышение качественного уровня производства во всех технологических звеньях. Однако практически это невозможно (как в силу ограниченности инвестиционных ресурсов, так и в силу неравномерности научно-технического прогресса в различных сферах). В продовольственной системе ЕАЭС повышение технического уровня всегда неодновременный, разбросанный по всему технологическому пространству процесс. При этом возможны два типа улучшения качества технологий: а) частичные улучшения в различных элементах технологических цепей; б) полная качественная замена технологий. Кроме того, повышение качества продукции может быть связано с расширением спектра потребительских свойств рынка и, следовательно, с созданием новых дополнительных технологических звеньев и цепей.

Кроме того, в кластерном институциональном пространстве та или иная группа производств имеет свою инновационную емкость, которая характеризуется близким уровнем технологий или приблизительно одинаковым уровнем концентрации качественных ресурсов в различных частях этого пространства.

Инновационное состояние характеризуется системой, сформированной на основе пространственного подхода как совокупности инновационного, инвестиционного и интеграционного подходов и динамического подхода к инновационной деятельности, который позволяет выделить три этапа: формирование новации; преобразование новации в нововведение; коммерциализация нововведения. Сущность, цель и задачи стратегии инновационного развития продуктовых структур представлены на рис. 1.

Стратегия базируется на пространственном представлении продуктовых структур в рамках кластерного институционального пространства, а в качестве составных элементов механизма

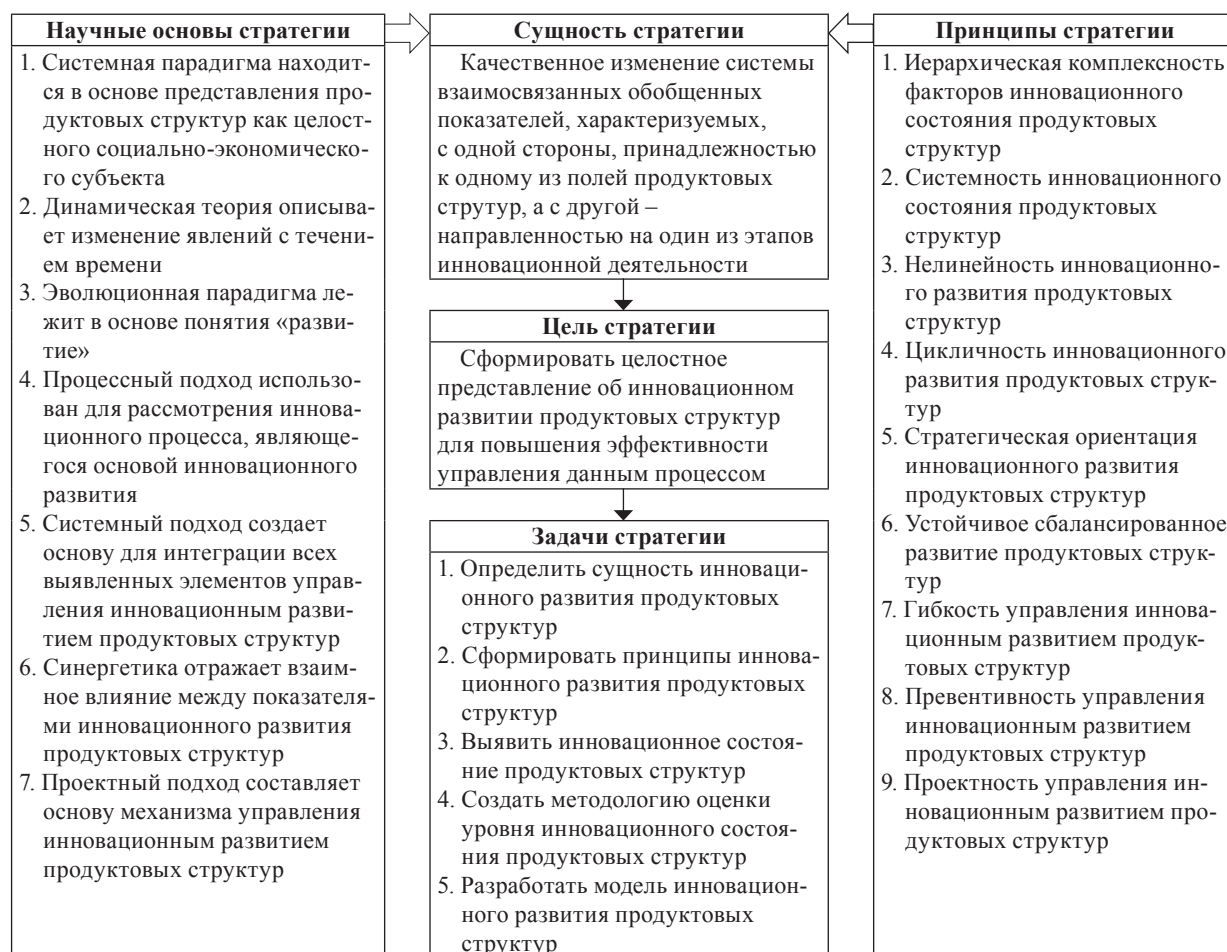


Рис. 1. Интеграционная стратегия инновационного развития продуктовых структур

устойчивого сбалансированного развития продуктовых структур служат: труд, земля, капитал, информационная составляющая, финансовое и правовое обеспечение. Оценка и диагностика уровня устойчивого сбалансированного развития продуктовых структур в рамках кластерного институционального пространства связана с набором методов, инструментов и индикаторов. Важным показателем является число субъектов хозяйствования, осуществляющих разработку и внедрение технологических инноваций.

С учетом региональных особенностей можно выделить общие условия, способствующие устойчивому сбалансированному развитию продуктовых структур в рамках кластерного институционального пространства: 1) приход транснациональных компаний, который предшествует росту инновационного сектора экономики; 2) рост уровня государственных и корпоративных расходов на НИОКР; 3) встраивание территорий и регионов в общемировые тренды; 4) специализация регионов на тех или иных технологиях; 5) степень распространенности новшеств, выражаемая в доступности к рынкам; 6) институциональная поддержка инновационного сектора продовольственной системы ЕАЭС.

Таким образом, траекторию устойчивого сбалансированного развития продуктовых структур в рамках кластерного институционального пространства продовольственной системы ЕАЭС можно определить как непрерывную, замкнутую линию движения инновационного проекта от возникновения научной идеи до создания на ее основе наукоемкого, высокотехнологичного производства под воздействием факторов внутренней и внешней среды.

Топологию устойчивого сбалансированного развития продуктовых структур в рамках кластерного институционального пространства удобно проводить с использованием теории графов. Структурный граф представляет собой анализ положения элементов внутри сети, связей между элементами и вытекающих из структуры контура свойств системы.

Материальные, информационные и другие контуры целесообразно рассматривать как в виде неориентированных, так и ориентированных графов, описывающих разные взаимодействия. Для анализа контуров пользуемся инструментами теории графов, в частности, расчетом степени центральности, близости, активности посредничества вершин, что позволяет определить «узкие места» топологии устойчивого сбалансированного развития продуктовых структур в рамках кластерного институционального пространства продовольственной системы ЕАЭС.

Ресурсные и управляющие контуры позволяют выявить перегруженные, периферийные сектора, пробелы во взаимодействиях и построить новую топологию, обеспечивающую более быструю восстанавливаемость системы, а значит, и ее динамическую сбалансированность. Топология (схема соединения элементов) строится как в пределах одного контура, так и в пределах системы контуров, описывающих устойчивое сбалансированное развитие продуктовых структур в рамках кластерного институционального пространства продовольственной системы ЕАЭС.

Если текущее состояние кластерных элементов представить как точку в пространстве возможных состояний, то развитие кластеров в ЕАЭС может быть интерпретировано как перемещение исходной точки в некоторую другую, определяемую параметрами желательного состояния. Задача интеграции частных функциональных и элементарных стратегий в общую стратегию может быть визуализирована структурным графом. Рассмотрим структурный граф в аспекте взаимодействия уровней развития национальных и межнациональных продуктовых структур (кластеров) в продовольственной системе ЕАЭС (рис. 2), разбитый на инвестиционное, инновационное и интеграционное пространство (поля), где каждому полю соответствует определенная системная характеристика (координата), формирующая их значение. Уровни развития (ближний – до 2016 г., средний – до 2020 г., дальний – до 2030 г.) на каждом из полей соответствуют возможным вариантам функционирования данной системы, расположенным в порядке возрастания сложности.

Использование институционального подхода позволяет, на наш взгляд, получить некоторые новые данные о специфике устройства и функционирования продовольственной системы ЕАЭС. Фокусом исследований в данном случае служит «структурный граф взаимодействия уровней развития институциональных полей продовольственной системы ЕАЭС» как соотношение планов и замыслов, с одной стороны, и результатов их действий – с другой.

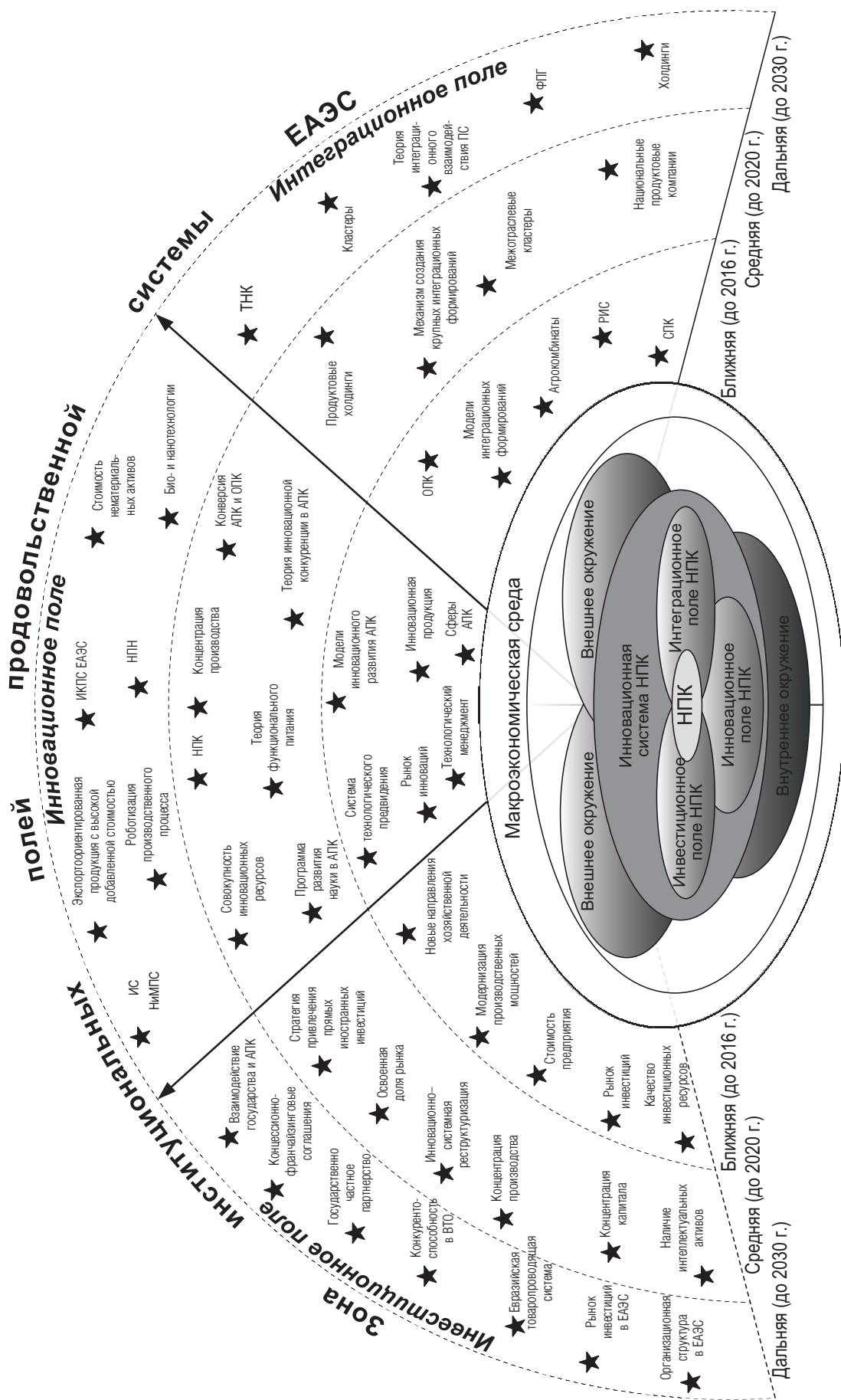


Рис. 2. Структурный граф взаимодействия уровней развития институциональных полей продовольственной системы ЕАЭС

Мы предприняли попытку построения новой теоретической схемы (структурного графа), которая может быть использована в качестве инструмента для устойчивого сбалансированного развития продовольственной системы ЕАЭС. Именно с этой целью вводится понятие «институциональные поля», которые образуют остов, скелет структурного графа, они представляют собой «взаимодействующие уровни развития», определяющие характер устойчивого сбалансированного развития продовольственной системы ЕАЭС.

При этом наше внимание концентрируется на тех характеристиках институциональных полей, которые способствуют обеспечению устойчивого сбалансированного развития данной системы и удовлетворяют потребности ЕАЭС. В этом случае продовольственная система (макроуровень) понимается как взаимодействие отраслей АПК, скомпонованных в технологические уклады, причем состав отраслей агропромышленного комплекса остается одним и тем же, хотя внутри каждой отрасли с течением времени происходит смена технологий и видов отраслевой продукции. По мере технического и технологического развития степень их сложности необратимо нарастает.

Устойчивое сбалансированное развитие продовольственной системы ЕАЭС не может происходить иначе, как путем последовательной смены технологических укладов. При этом отношения между одновременно существующими технологическими укладами противоречивы: с одной стороны, материальные условия каждого формируются в результате развития предыдущего; с другой – между одновременно действующими укладами происходит конкуренция за ограниченные ресурсы, в ходе которой происходит замещение устаревшего технологического уклада новым.

Таким образом, именно институциональные поля (см. рис. 2) способны дать необходимое понимание об устойчивом сбалансированном развитии продовольственной системы ЕАЭС и присущих ей закономерностей. Следует отметить, что институциональные поля образуют не жесткий каркас, а гибкую поддерживающую структуру, изменяющуюся под влиянием внешней среды.

Зона взаимодействия институциональных полей реализует институционализм как способ особого видения, как платформу для дальнейших исследований. Очевидно, что институциональные поля – это сложные функционально дифференцированные системы, имеющие различные элементы и составляющие. В данном случае основной интерес состоит в выявлении взаимодействия институциональных составляющих продовольственной системы ЕАЭС. Этот триединый взгляд, согласно рис. 2, и составляет суть развиваемого в дальнейшем теоретического представления о структуре продовольственной системы ЕАЭС, в которой институциональные поля, являясь частями одного целого, зависят друг от друга и, в конечном счете, друг друга взаимно определяют.

На основе взаимодействия уровней развития институциональных полей можно охарактеризовать перспективы развития продовольственной системы ЕАЭС. Характер институциональной структуры названного графа означает принципиальную невозможность кардинального изменения одного из институтов без изменения всех остальных в этой системе. Институциональные поля – это сформировавшийся естественным путем комплекс институтов, обеспечивающий конкурентные преимущества ЕАЭС. На основе теории институциональных полей прогнозируются и могут быть рассчитаны долгосрочные траектории развития вышеназванной системы. Продовольственная система в этом рассмотрении предстает как пространство действий, определяемых странами – участниками ЕАЭС.

Более того, взаимодействие институциональных полей полноценно функционирует в форме общественного блага, которое не может быть разделено на единицы потребления, соответственно, использование такой среды требует совместных координированных усилий единого централизованного управления. Так действует закон экономии транзакционных издержек, который в конечном счете определяет специфику экономических, политических и идеологических институтов. Согласно этому закону, основным механизмом, определяющим характер взаимодействия между странами – участниками ЕАЭС, неизбежно выступает не конкуренция, а координация, означающая соотнесение их действий относительно друг друга.

Если в рыночных условиях отношения между субъектами регулируются институтом конкуренции, обеспечивающим необходимые экономические пропорции, то в продовольственной системе ЕАЭС аналогичную роль выполняет институт координации. Он регулирует эффективное использование дефицитных ресурсов и производимых благ и услуг в интересах всего ЕАЭС в целом, определяет направления материальных потоков, обеспечивает межотраслевые пропорции.

Более того, в условиях рынка и действующих в нем субъектов экономика может существовать лишь как пропорциональное хозяйство, когда произведенное в одной ее части потребляется в другой. Излишнее складирование производимых ценностей, как и их недопроизводство, является угрозой нарушения всего производственного цикла. Деятельность стран – участниц ЕАЭС регулируется институтом конкуренции, т.е. они соперничают друг с другом в получении необходимых производственных ресурсов и в продаже результатов своей деятельности. Тем самым институт прибыли совместно с институтом конкуренции позволяет судить об уровне эффективности вышеотмеченной системы.

Институциональное взаимодействие, которые мы исследуем, концентрирует внимание на следующих моментах. Во-первых, выявляется взаимосвязь тех или иных институтов с функционированием продовольственной системы ЕАЭС, исследуемые институты представляются как элементы системы. При таком подходе невозможно взять один, пусть и очень привлекательный институт, и изучить его вне той системы, где он действует и в которую функционально встроен. Во-вторых, во взаимодействиях выделяется то институциональное поле, которое воспроизводится независимо от особенностей поведения участвующих в этих отношениях стран, т.е. это та внутренняя сила, которая действует как закономерность, постоянно и устойчиво сохраняя свое значение. Наличие этой закономерности определяется и внешними материальными условиями, и местом рассматриваемого института в продовольственной системе ЕАЭС.

Развитие институциональных полей мы понимаем как последовательно сменяющие друг друга уровни взаимодействия. Более того, возможно взаимодействие с верхнего уровня иерархии, минуя соседний, на нижележащий. Возможность «сквозной прошивки» иерархической вертикали структурного графа служит повышению надежности такой системы взаимодействия и позволяет реагировать на меняющиеся условия хозяйственной и политической жизни стран – участниц ЕАЭС.

В свою очередь, институциональные поля, сочетающиеся в нужной пропорции, обеспечивают полноценное развитие институционального пространства продовольственной системы ЕАЭС. Другими словами, сами институциональные структуры выступают в качестве механизмов самоорганизации и интеграции хозяйственных субъектов в продовольственной системе. В условиях определенной среды один из институтов имеет доминирующее значение, в то время как другой – дополнительное. Вышеотмеченные поля определяют границы возможных трансформаций, допуская модификацию хозяйственных форм и правил до тех пор, пока не нарушается равновесие, при котором базовые институты занимают доминирующее положение. Это означает, что продовольственная система ЕАЭС одновременно и эволюционирует, и трансформируется.

Принципы проектирования кластерного институционального пространства в продовольственной системе ЕАЭС с использованием теории графов представлены в табл. 3.

Таблица 3. Принципы проектирования кластерного институционального пространства в продовольственной системе ЕАЭС

Принципы проектирования кластерного пространства	Задачи регуляции		
	адекватность	измеримость	эффективность
Организация (иерархическая координация)	Спецификация социальных институтов	Оценка институционального монополизма	Интеграция институциональных полей (пространств)
Самоорганизация (стихийный порядок)	Институциональная мобильность	Независимая экспертиза институциональных проектов	Институциональная конкуренция

Данные принципы будучи реализованными в механизме проектирования кластерного институционального пространства в продовольственной системе ЕАЭС обеспечат формирование эффективной системы контрактных отношений. Реализация указанных мер регулирования позволит сконцентрировать имеющийся ресурсный потенциал на приоритетных направлениях социально-экономического развития в рамках кластерного институционального пространства продовольственной системы ЕАЭС и гарантировать устойчивые темпы ее поступательной макроэкономической динамики.

Институциональная структура ЕАЭС характеризуется очевидными тенденциями к интеграции экономических агентов, однако формы, в которых происходит интеграция, чрезвычайно далеки от сетевых взаимодействий, отличающихся высокой результативностью. Слабости системы формальных правил и механизмов принуждения к их выполнению, в частности, невозможность решения задачи обеспечения правомочий собственности, привели к доминированию неформальных механизмов экономической деятельности. Но эти механизмы нацелены не на результативное комбинирование ресурсов и ключевых компетенций, а на скрытое перераспределение собственности.

На большинстве, например, российских отраслевых рынков усиливается концентрация собственности при одновременном распространении различных интеграционных объединений хозяйствующих субъектов, основной характеристикой которых является неформальный характер межфирменных связей и отношений, при этом государственное регулирование направлено, прежде всего, на интересы крупных вертикально-интегрированных структур сырьевого сектора. Следовательно, создание правовых норм и механизмов, снимающих этот перекоп институциональной структуры, становится одной из насущных задач.

При разработке механизма устойчивого сбалансированного развития продуктовых структур в рамках кластерного институционального пространства продовольственной системы ЕАЭС необходимо использовать ряд преимуществ кластерного принципа, который важен, прежде всего, не только для развития отдельных регионов, но и для развития экономики стран в целом. Во-первых, с помощью системы кластеров можно добиться гибкости при больших масштабах, при этом, как показывает мировой опыт, развитие кластеров и крупных вертикально-интегрированных структур может дополнять друг друга. Во-вторых, для экономики Евразийского экономического союза может быть крайне выгодным создание устойчивых субконтрактинговых схем, скрепляющих воедино кластерное институциональное пространство стран ЕАЭС, состоящего из ключевых для развития национальных экономик отраслей.

Формирование системы кластеров следует рассматривать не просто как способ активизации предприятий, а как важнейший элемент общей политики ЕАЭС, позволяющий консолидировать сильные стороны бизнеса, научных учреждений и организаций, с тем чтобы использовать полученный в результате эмерджентно-синергетический эффект для усиления международных позиций национальных компаний в отраслях, имеющих решающее значение для конкурентоспособности экономики стран Евразийского экономического союза в целом.

Выводы

1. Разработка механизма устойчивого сбалансированного развития продуктовых структур в рамках кластерного институционального пространства продовольственной системы ЕАЭС позволит выделить преимущества, определяющие конкурентные позиции хозяйствующих субъектов на региональном, национальном и международном уровнях, а также обеспечивающие рост масштабов и динамики инвестиционной и инновационной активности. Отдельной проблемой представляется необходимость изучения условий, мероприятий и инструментов формирования конкурентных преимуществ кластерного институционального пространства в продовольственной системе ЕАЭС.

2. Кластерное институциональное пространство в продовольственной системе ЕАЭС представляет собой систему взаимовыгодных отношений продуктовых структур на региональном и международном уровнях, характер связей между которыми имеет признаки устойчиво-

го сбалансированного развития на основе взаимодействия инновационного, инвестиционного и интеграционного полей институционального пространства, которые позволяют создавать инновации, а также формировать коллективный бренд, выступающий определением качества и эффективности производимой продукции, что, в свою очередь, является основой конкурентного преимущества продовольственной системы Евразийского экономического союза.

3. Функционирование продуктовых структур в рамках кластерного институционального пространства продовольственной системы ЕАЭС, с одной стороны, снижает барьеры внедрения передовых разработок в производство, с другой стороны, способствует развитию технических инноваций (технологических платформ), повышает конкурентоспособность, оказывает позитивное влияние на инновационные процессы и экономику страны в целом. На стратегическом уровне технологические платформы, основанные на приоритете генерирования прорывных технологий за счет создания инновационных систем, ориентированных на принципиально новые технологии, способны играть роль базисных инноваций в продовольственной системе ЕАЭС.

4. Организационно-экономический механизм устойчивого сбалансированного развития продуктовых структур в рамках технологических платформ кластерного институционального пространства – это системный набор мероприятий, рычагов, инструментов, институтов, обеспечивающих технологический, организационный, управленческий прорыв в новое технологическое пространство, переход на новую технологическую платформу, увеличивающую рыночную стоимость предприятия.

5. Для устойчивого сбалансированного развития продуктовых структур в рамках технологических платформ кластерного институционального пространства продовольственной системы ЕАЭС введено понятие «технологическая плотность» вышеуказанного пространства. Таким образом, если однородность технологического пространства характеризует дифференциацию технического уровня производства в различных секторах или сегментах всего институционального пространства, то плотность технологического пространства обозначает характерную для данной отрасли дифференциацию в техническом уровне непосредственно взаимодействующих ресурсов и технологий.

6. В качестве первичной задачи усиления продовольственной конкурентоспособности стран ЕАЭС следует рассматривать разработку теоретических основ проектирования кластерного институционального пространства продовольственной системы ЕАЭС. На основе предварительного анализа сформирован структурный граф, который наглядно представляет этапы разработки, основные компоненты методики, их иерархию, а также указывает на примененные теоретические подходы и методы.

7. Анализ устойчивого сбалансированного развития продуктовых структур удобно проводить с использованием теории графов. Для анализа контуров с помощью инструментов теории графов, в частности, расчета степени центральности, близости, активности посредничества вершин, определены «узкие места» топологии устойчивого сбалансированного развития продуктовых структур в рамках кластерного институционального пространства. Структурный граф представляет собой анализ положения элементов внутри сети, связей между элементами и вытекающих из структуры контура свойств системы. Анализ ресурсных и управляющих контуров позволил выявить перегруженные, периферийные сектора, пробелы во взаимодействиях и построить новую топологию, обеспечивающую более быструю восстанавливаемость системы, а значит, и ее динамическую сбалансированность. Топология (схема соединения элементов) строится как в пределах одного контура, так и в пределах системы контуров, описывающих устойчивое сбалансированное развитие продуктовых структур в рамках кластерного институционального пространства продовольственной системы ЕАЭС.

8. Формирование системы кластеров следует рассматривать как важнейший элемент общей политики Евразийского экономического союза, позволяющий консолидировать сильные стороны предприятий, научных учреждений и организаций с тем, чтобы использовать полученный в результате эмерджентно-синергетический эффект для усиления международных позиций национальных компаний в отраслях, имеющих решающее значение для конкурентоспособности экономики стран ЕАЭС в целом. Необходимо формировать трансграничные кластеры, предпо-

лагающие интенсивный обмен ресурсами, технологиями и ноу-хау, по тем географическим осям (внутренним и трансграничным), которые могут стать основой коридоров, включающих территорию ЕАЭС в мировое экономическое пространство на условиях активного участника.

9. При разработке механизма устойчивого сбалансированного развития продуктовых структур в рамках кластерного институционального пространства продовольственной системы Евразийского экономического союза необходимо использовать ряд преимуществ кластерного принципа, который важен, прежде всего, не только для развития отдельных регионов, но и для развития экономики стран в целом. Во-первых, с помощью системы кластеров можно добиться гибкости при больших масштабах, при этом, как показывает мировой опыт, развитие кластеров и крупных вертикально-интегрированных структур может дополнять друг друга. Во-вторых, для экономики Евразийского экономического союза может быть крайне выгодным создание устойчивых субконтрактинговых схем, скрепляющих воедино кластерное институциональное пространство стран ЕАЭС, состоящего из ключевых для развития национальных экономик отраслей.

10. Без институциональных изменений, учитывающих современные экономические реалии и дающих современному бизнесу возможность выбора из полного спектра существующих альтернатив интеграции и координации усилий, может оказаться под вопросом обеспечение сильных позиций ЕАЭС в наиболее перспективных отраслях, которые будут определять его долгосрочную конкурентоспособность на мировых рынках.

На основе проведенных исследований установлено, что целостность кластерного институционального пространства оказывает непосредственное воздействие на свойства и качества отдельных элементов, составляющих продовольственную систему ЕАЭС. Их развитие становится невозможным или неэффективным вне системы, вне взаимодействия с другими ее элементами. Свойства продуктовых структур как целостной продовольственной системы ЕАЭС определяются не только и не столько суммированием отдельных элементов, сколько свойствами их структуры, особыми системообразующими интеграционными связями.

Литература

1. Гусаков, В. Г. Продовольственная конкурентоспособность как стратегия устойчивого инновационного развития АПК / В. Г. Гусаков, Ф. И. Субоч // Вес. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. аграр. наук. – 2007. – № 2. – С. 5–11.
2. Гусаков, В. Г. Механизм рыночной организации аграрного комплекса: оценка и перспективы / В. Г. Гусаков. – Минск: Беларуская навука, – 2011. – 363 с.
3. Пилипук, А., В. Институциональная модель национальной продовольственной конкурентоспособности / А. В. Пилипук, М. И. Запольский, Ф. И. Субоч // Вес. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. аграр. наук. – 2012. – № 2. – С. 20–29.
4. Концептуальные подходы по формированию интеграционного поля продовольственной конкурентоспособности в условиях функционирования Единого экономического пространства государств Таможенного союза / В. Г. Гусаков [и др.] // Вес. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. аграр. наук. – 2012. – № 4. – С. 2–20.
5. Механизмы конкурентоспособного развития АПК Беларуси в условиях функционирования ЕЭП и ЕврАзЭС / В. Г. Гусаков [и др.] – Минск: Беларуская навука, 2014. – 277 с.
6. Субоч, Ф. Кластерные агропромышленные структуры в пространственно локализованной продовольственной системе ЕЭП и ЕврАзЭС / Ф. Субоч // Аграрная экономика. – 2014. – № 6. – С. 2–18.
7. Субоч, Ф. Трансформация кластерного институционального пространства в продовольственной системе Евразийского экономического союза (ЕАЭС) / Ф. Субоч // Аграрная экономика. – 2014. – № 10. – С. 21–31.

V. G. GUSAKOV, A. P. SHPAK, M. I. ZAPOLSKY, A. V. PILIPUK, F. I. SUBOCH

MECHANISMS OF THE SUSTAINABLE BALANCED DEVELOPMENT OF THE STRUCTURES WITHIN CLUSTER INSTITUTIONAL SPACE OF THE FOOD SYSTEM OF THE EURASIAN ECONOMIC UNION

Summary

On the basis of the conducted researches it's established that integrity of cluster institutional space has a direct impact on the properties and qualities of separate elements which constitute the food system of the Eurasian Economic Union. Their development becomes impossible or inefficient outside the system or without interaction with its other elements. The properties of the structures as a complete food system of the Eurasian Economic Union are defined not only and not so much by the summation of the separate elements, but by the properties of their structure, special system forming integration relations.

УДК 339.137:[637+664](476)

М. С. БАЙГОТ

**КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ
БЕЛАРУСИ НА ВНЕШНИХ РЫНКАХ : МЕТОДОЛОГИЯ ОЦЕНКИ И РЕАЛИЗАЦИЯ
ЭКСПОРТНОГО ПОТЕНЦИАЛА**

*Евразийская экономическая комиссия,
Москва, Россия, e-mail: baihot@ecommission.org*

(Поступила в редакцию 05.03.2015)

Современный этап развития международных экономических связей характеризуется усилением конкуренции в глобальном масштабе, поэтому эффективность внешней торговли Беларуси, в первую очередь реализация экспортного потенциала, зависит от того, насколько конкурентоспособной будет отечественная продукция.

Практика свидетельствует, что конкурентоспособность сельскохозяйственной продукции и продовольствия определяется совокупностью внутренних и внешних факторов, которые затрагивают сферу производства и сбыта продукции, состояния внутреннего рынка, участия страны в международном разделении труда и др. В свою очередь, реализация экспортного потенциала зависит не только от конкурентоспособности отечественной продукции. Здесь важны, во-первых, стратегия и приоритеты внешнеторговой политики Беларуси; во-вторых, конъюнктура мирового рынка продовольствия; в-третьих, методы и инструменты, определяющие доступ белорусской продукции на рынки потенциальных стран-импортеров; в-четвертых, правила и нормы, регулирующие международные торгово-экономические отношения.

Исходя из этого настоящие исследования направлены на разработку методологических подходов оценки конкурентоспособности отечественной аграрной продукции на внешних рынках, выявление потенциальных внешних рынков сбыта, а также основных направлений развития экспорта аграрной продукции в условиях быстрого развития интеграционных процессов и усиления конкуренции.

Реализацию экспортного потенциала агропромышленного комплекса Республики Беларусь следует рассматривать с позиции комплекса внутренних и внешних факторов.

К внутренним факторам относятся:

- производственный потенциал отрасли, базирующийся на экономике страны и отрасли, природно-климатических условиях, научно-техническом и инновационном развитии;
- сбалансированность внутреннего рынка сельскохозяйственного сырья и продовольствия, обусловленная необходимым уровнем продовольственной обеспеченности республики преимущественно за счет собственного производства, наращиванием экспортного потенциала и оптимизацией импорта продукции;
- конкурентоспособность отечественной продукции на внутреннем и внешнем рынках;
- агропромышленная политика страны, отражающая стратегические цели развития отрасли и механизмы достижения устойчивости производства и сбыт продукции, а также стимулирования экспорта;
- участие в торгово-экономической интеграции в рамках как региональных сообществ (Союзное государство Беларуси и России, Евразийский экономический союз, СНГ), так и в международных торговых соглашениях.

Внешними факторами, влияющими на развитие экспортного потенциала Беларуси и выхода на зарубежные рынки, являются:

- конъюнктура мирового рынка;
- условия доступа на рынки стран-импортеров, существующая мировая практика аграрного протекционизма;
- наличие конкурентов на мировом продовольственном рынке;
- внешняя среда осуществления экспортно-импортных операций, обусловленная различием наций по географическим, историческим, политическим, юридическим, экономическим и антропологическим условиям их проживания и др.

Практика свидетельствует, что проникновение на рынки стран любого уровня развития сопряжено с преодолением существующих внешнеторговых барьеров, которые устанавливаются в основном для защиты внутреннего рынка от недобросовестной конкуренции со стороны экспортеров. Поэтому к наиболее значимому внешнему фактору, влияющему на возможность увеличения экспорта на рынках третьих стран, следует отнести условия доступа на рынки стран-импортеров, которые определяются таможенно-тарифным регулированием, а также системой нетарифных мер (рис. 1).

В таможенно-тарифном регулировании следует выделить три главных направления: таможенные тарифы, правила таможенного оформления и административные формальности (определение происхождения товара, оценка таможенной стоимости товара, система описания и кодирования товаров, правила взимания налогов и таможенных платежей и др.). Наиболее используемые импортные пошлины подразделяются на адвалорные, специфические и комбинированные.

Все нетарифные барьеры, используемые в международной практике, можно классифицировать по четырем направлениям:

- 1) количественные ограничения импорта;
- 2) барьеры, воздействующие на цену импортного товара;
- 3) меры технического характера;
- 4) меры финансового характера.



Рис. 1. Условия доступа на рынки стран-импортеров сельскохозяйственной продукции и продовольствия

Учитывая сложившуюся практику регулирования международной торговли, используемые странами протекционистские меры для защиты внутренних рынков, а также внутренние факторы, обеспечивающие развитие экспортного потенциала, нами разработаны методологические подходы оценки конкурентоспособности аграрной продукции Беларуси на внешних рынках.

В табл. 1 представлен алгоритм оценки конкурентоспособности отечественной аграрной продукции на внешних рынках в контексте выявления возможностей реализации экспортного потенциала сельскохозяйственной продукции и продовольствия. Сущность данного подхода заключается в комплексности оценки внутренних и внешних факторов, которые классифицированы по четырем следующим направлениям.

1. Анализ сравнительной эффективности экспорта аграрной продукции по странам и товарной номенклатуре.
2. Оценка конкурентоспособности отечественной продукции на внешнем рынке.
3. Определение потенциальных объемов экспорта отечественной продукции.
4. Выявление перспективных внешних рынков сбыта сельскохозяйственной продукции и продовольствия.

Таблица 1. Алгоритм оценки конкурентоспособности отечественной аграрной продукции на внешних рынках в контексте реализации экспортного потенциала

№ п/п	Показатель	Порядок расчета показателей
<i>1. Анализ сравнительной эффективности экспорта по странам и товарной номенклатуре</i>		
1.1	Объемы и стоимость экспорта/импорта	Объемы экспорта и импорта конкретных видов товаров Стоимость экспорта импорта конкретных видов товаров Цены экспорта и импорта конкретных видов товаров
1.2	Удельный вес экспорта в объемах собственного производства (D_3)	$D_3 = \Xi / \Pi$, (1) где Ξ – объемы экспорта; Π – объемы собственного производства
1.3	Коэффициенты сравнительной эффективности экспорта (K_1)	$K_1 = \frac{\Pi_3}{\Pi_{пр} + TP}$, (2) где Π_3 – цена экспорта; $\Pi_{пр}$ – цена производства; TP – транспортные расходы
<i>2. Оценка конкурентоспособности отечественной продукции на внешнем рынке</i>		
2.1	Коэффициент конкурентоспособности товара (K_2)	$K_2 = \frac{\Pi_{и}^{вн}}{C_t + TCB + TP + A + НДС + TP}$, (3) где $\Pi_{и}^{вн}$ – внутренняя цена, которая сложилась на рынке в стране-импортере на идентичный или однородный товар; C_t – таможенная стоимость товара; TCB – сборы за таможенное оформление; TP – сумма таможенной пошлины; A – сумма акцизов; НДС – сумма налога на добавленную стоимость; TP – транспортные расходы. Нами принято: если $K_2 \geq 1,25$, значит товар обладает высоким уровнем конкурентоспособности на рынке импортера; если $K_2 \leq 1,25$, но $\geq 1,0$ – средним уровнем, при $K_2 \leq 1,0$ – товар не конкурентоспособен
<i>3. Определение потенциальных объемов экспорта отечественной продукции</i>		
3.1	Емкость внутреннего рынка (E_p)	$E_p = \Pi + И + (З_{н} - З_{к}) - \Xi - НП$, (4) где Π – объемы собственного производства; И – импорт товара; $З_{н}$, $З_{к}$ – запасы продукции на начало и конец периода (года); Ξ – объемы экспорта; НП – нормативные потери
3.2	Уровень самообеспеченности ($Y_{сб}$)	$Y_{сб} = \Pi / ВП$, (5) где Π – объемы собственного производства; ВП – внутренние потребности (производственные и продовольственные)
3.3	Потенциальные объемы экспорта (Ξ)	$\Xi = \Pi + И + (З_{н} - З_{к}) - ВП - НП$, (6) где Π – объемы собственного производства; И – импорт товара; $З_{н}$, $З_{к}$ – запасы продукции на начало и конец периода (года); ВП – внутренние потребности (производственные и продовольственные); НП – нормативные потери

№ п/п	Показатель	Порядок расчета показателей
<i>4. Выявление перспективных внешних рынков сбыта отечественной продукции</i>		
4.1	Анализ конъюнктуры мирового продовольственного рынка	Осуществляется посредством анализа статистических данных по следующим показателям: – мировое производство анализируемых товаров; – удельный вес в мировом производстве основных стран-производителей анализируемых товаров, а также Беларуси; – удельный вес основных стран-экспортеров анализируемых товаров в мировом экспорте, а также удельный вес Беларуси; – динамика потребления анализируемой продукции по странам и регионам; – удельный вес импорта в потреблении анализируемых товаров в странах-импортерах; – мировые экспортные цены
4.2	Удельный вес белорусской продукции в импорте отдельных стран	Определяется как соотношение стоимости белорусской продукции к общей стоимости импорта данного товара страны-импортера
4.3	Методы и инструменты регулирования ВЭД в потенциальных странах-импортерах белорусской продукции	Таможенно-тарифные меры: – импортные таможенные пошлины (адвалорные, специфические, комбинированные) Нетарифные меры: – административные (количественные ограничения, запрещение импорта, лицензирование, добровольные ограничения экспорта, фиксированные цены, регулирование сроков внесения платежей, обязательная продажа валютной выручки, государственные закупки, требования о содержании местных компонентов, государственная монополия на торговлю и др.); – экономические (специальные защитные, антидемпинговые и компенсационные меры, валютное и финансовое регулирование); – технические (международные и национальные стандарты, технические предписания, сертификация продукции, санитарные и фитосанитарные нормы, карантинные правила, требования экологического характера, требования к упаковке, маркировке, предотгрузочная инспекция, ограничение пунктов пропуска через таможенную границу и др.)
4.4	На основании анализа экономических показателей развития отрасли, внутреннего продовольственного рынка и внешней торговли, мировых тенденций производства и торговли, а также конкурентов из других стран определяются перспективные для экспорта виды отечественной продукции, а также возможные рынки сбыта При этом необходимо учитывать: – уровень самообеспеченности внутреннего рынка отечественными товарами; – коэффициент эффективности экспорта за ряд лет конкретных товаров по странам; – уровень производства, потребления и внешней торговли стран-импортеров	

Примечание. Таблица составлена по результатам исследований автора.

Предлагаемые методологические подходы оценки конкурентоспособности отечественной аграрной продукции в контексте выявления возможностей реализации экспортного потенциала базируются на комплексном подходе, позволяющем определить товарную и страновую направленность продаж исходя из параметров устойчивого функционирования внутреннего рынка, а также конкурентоспособности сельскохозяйственной продукции и продовольствия, внешне-торговой политики стран-импортеров. Подход включает систему натуральных показателей, коэффициентов и индексов, методы их расчета.

Анализ сравнительной эффективности экспорта аграрной продукции в среднем за 2012–2014 гг. свидетельствует, что среди продукции животного происхождения наиболее эффективными были продажи колбасных изделий, удельный вес которых в общих объемах экспорта составляет 4,5–4,7 %. Экспорт масла животного и говядины также приносили прибыль товаропроизводителям. Достаточно эффективным является экспорт плодоовощной продукции, однако, несмотря на рост их продаж в последние два года, стоимость и объемы экспорта очень незначительны (около 6 %). Поэтому данные виды продукции должны рассматриваться как перспективные (рис. 2).

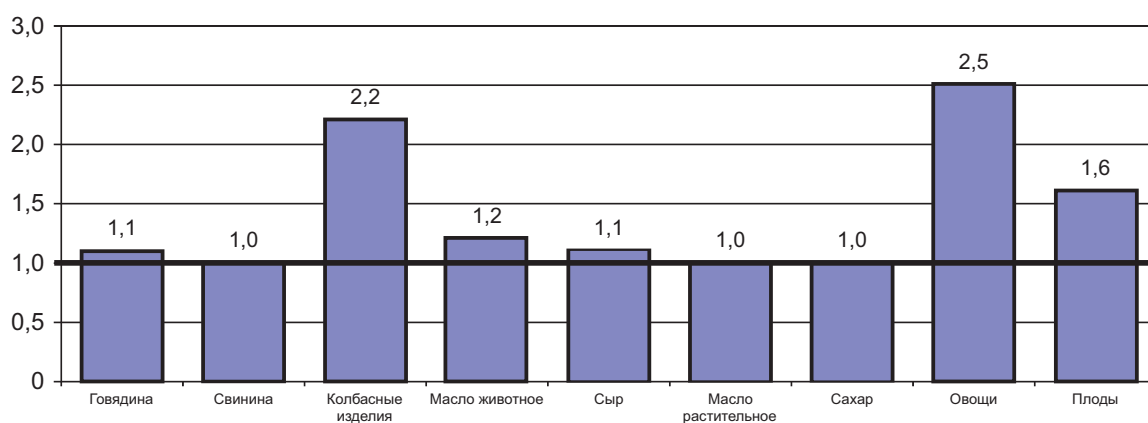


Рис. 2. Интегральные коэффициенты сравнительной эффективности экспорта по видам продукции, среднее за 2012–2014 гг.

(Рисунок составлен по данным Национального статистического комитета Республики Беларусь.)

Установлено также, что для Беларуси к перспективным экспортным товарам относятся практически все виды продукции животноводства, а также картофель и продукты его переработки, кондитерские изделия, алкогольные и безалкогольные напитки и некоторые другие.

В 2013 г. Беларусь экспортировала продовольственные товары и сельскохозяйственное сырье в 81 страну мира, против 62 стран в 2005 г. Однако более 90 % экспортных поставок осуществлялось в страны СНГ, и особенно Таможенного союза и Единого экономического пространства. Несмотря на то что в другие страны мира стоимость экспорта продукции сельского хозяйства и продовольствием увеличивается, удельный вес этих стран в общем объеме незначительный: в 2013 г. стран Европы – 6,9 %, а стран Северной и Южной Америки, Азии, Африки и Океании – менее 1 % (табл. 2).

Таблица 2. Географическая направленность экспорта сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия Беларуси по регионам мира, %

Регион	2005 г.	2010 г.	2013 г.
СНГ	88,200	91,300	92,300
из них: Казахстан	0,500	3,700	2,900
Россия	79,500	80,200	81,200
Европа	11,200	7,000	6,900
Северная Америка	0,300	0,100	0,100
Южная Америка	0,040	1,100	0,300
Африка	0,001	0,020	0,040
Азия	0,300	0,400	0,300
Океания	0,001	0,010	0,010
Итого	100,0	100,0	100,0

Примечание. Таблица составлена по данным Национального статистического комитета Республики Беларусь.

В последние годы Республика Беларусь стала шире развивать внешнеторговые отношения в сфере АПК со странами Азии и особенно с такими странами, как Китай, Индия и Монголия. В эти и другие страны Азии поставлялись в основном сухое обезжиренное молоко (СОМ), сухое цельное молоко (СЦМ), алкогольные и безалкогольные напитки. В страны Африки экспорт ограничивается СОМ, СЦМ, маргарином и майонезом. Несколько в больших объемах Беларусь экспортирует продовольственные товары в страны Южной Америки. В 2013 г. стоимость экспорта в страны Южной Америки (Венесуэла и Чили) составила 18,6 млн долларов США. Кроме СЦМ продавались молоко- и мясopодукты для детского питания, кондитерские изделия, алкогольные напитки. Тем не менее, основным потребителем сельскохозяйственной продукции, сырья

и продовольствия являются государства – члены Таможенного союза и Единого экономического пространства.

Расчеты по определению конкурентоспособности белорусской продукции на рынках стран Европейского союза (ЕС) и Российской Федерации показали, что, исходя из реально сложившейся себестоимости отечественной продукции, импортных пошлин и прочих расходов (НДС, логистика, плата за таможенное оформление), цены на экспортируемую в страны ЕС белорусскую продукцию будут значительно превышать цены, сложившиеся в этих странах. Коэффициент конкурентоспособности отдельных видов белорусской продукции на рынках стран ЕС значительно ниже, чем на рынке России (табл. 3).

Таблица 3. Уровень конкурентоспособности отдельных видов белорусской продукции на рынках России и стран Европейского союза в среднем за 2011–2013 гг. (коэффициент конкурентоспособности товара – K_c)

Код ТН ВЭД	Вид продукции	Страны ЕС	Российская Федерация
0201	Говядина	0,66	1,03
0203	Свинина	0,62	1,08
0207	Мясо птицы	0,72	0,90
040210	СОМ	1,00	1,90
040221	СЦМ	0,60	1,31
0405	Сливочное масло	0,43	1,10
0406	Сыры твердые	1,10	1,66
1601	Твердокопченые колбасные изделия	1,54	1,13

Одной из главных причин этого является то, что взаимная торговля в рамках интеграционных формирований (СНГ, ТС, ЕАЭС) осуществляется без таможенных пошлин, а также происходит либерализация мер нетарифного регулирования. Поэтому проблему наращивания экспорта и его диверсификации следует рассматривать исходя из тех методов и инструментов защиты внутреннего рынка, которые используются в конкретной стране или сообществе, особенно это касается применения таможенно-тарифных и нетарифных мер (см. табл. 1).

В отношении использования таможенно-тарифных мер практика свидетельствует, что ставки импортных пошлин на сельскохозяйственную продукцию и продовольствие во многих странах, несмотря на либерализацию международной торговли, остаются достаточно высокими (табл. 4).

Страны, присоединившиеся к ВТО сразу после ее создания, имеют гораздо более выгодные условия защиты национальных рынков. Например, действующий уровень таможенно-тарифной

Таблица 4. Уровень таможенно-тарифной защиты аграрной продукции в отдельных странах и сообществах, %

Вид продукции	ТС и ЕЭП*	ЕС	Турция	Канада	США	Египет	Вьетнам	Индия	Китай
Мясо КРС	20,5	45,7	111,3	13,3	16,1	0	18,0	30,0	16,3
Свинина	21,4	21,1	225,0	0	0	26,7	20,0	30,0	16,0
Мясо птицы	42,6	27,0	61,1	4,3	10,0	30,0	30	37,4	19,1
СОМ	20,0	43,9	180,0	201,5	17,5	0	4,0	60,0	10,0
СЦМ	20,0	51,3	180,0	243	17,5	6	3,0	60,0	10,0
Сливочное масло	20,0	74,3	153,3	270,5	9,4	1,3	13,3	34,4	10,0
Сыры и творог	20,0	35,7	113,5	245,5	12	8,5	10,0	30,0	12,6
Картофель	12,7	7,3	14,7	1,6	1,2	3,5	10,0	30,0	13,0
Пшеница	11,8	12,8	54,2	62,8	2,8	0	5,0	25,0	65,0
Масло подсолнечное	16,7	6,2	25,1	7,2	4,4	0	8,8	63,6	9,5
Масло рапсовое	16,7	6,1	20,5	8,5	4,8	1,9	7,5	46,9	9,0
Сахар	3,7	64,9	126,6	0	5,8	5,6	15	60	50
Сельскохозяйственные товары в целом по уровню связывания	11,2	13,7	61,0	17,5	4,7	96,1	18,5	113,1	15,8

*Уровень связывания в ТС и ЕЭП представляет собой средненоминальный уровень тарифной защиты в соответствии с обязательствами РФ перед ВТО.

защиты Таможенного союза Беларуси, Казахстана и России в рамках имплементационного периода связывания пошлин в соответствии с обязательствами перед ВТО Российской Федерации по молочной продукции в 2–2,5 раза ниже, чем в ЕС (в зависимости от вида продукции), в 7–9 раз ниже, чем в Турции, более чем в 10 раз ниже, чем в Канаде.

Среди стран мира наибольший интерес представляет механизм применения таможенных пошлин на импорт сельскохозяйственных товаров в странах ЕС, где к сельскохозяйственным товарам применяются специфические и комбинированные импортные пошлины. Несмотря на то что средний номинальный уровень импортных пошлин в странах данного Сообщества составляет 13,7 %, для таможенного тарифа ЕС характерна эскалация – увеличение ставки таможенной пошлины по мере повышения степени переработки товара, т.е. на сырье применяются более низкие тарифные ставки. Наиболее высокими таможенными пошлинами облагаются зерновые (49,4 %), товары животного происхождения – мясопродукты (24,3 %) и молокопродукты (35,2 %), а также табак (28,6 %). Анализ показывает, что страны Европейского союза импортируют, как правило, сырье и промежуточную продукцию с низкой добавленной стоимостью.

Таким образом, высокие пошлины стран ЕС на продовольственные товары, особенно продукцию более глубокой переработки, отрицательно сказываются на эффективности экспорта белорусской продукции в эти страны. Поэтому в настоящее время потенциальные возможности проникновения белорусской аграрной продукции на рынки стран ЕС в большей степени обусловлены экспортом сырьевых ресурсов (грибы, ягоды, казеин, свекловичный и рапсовый жом, необработанные шкуры животных и др.). Тем не менее, расчеты показывают, что конкурентоспособными здесь могут быть также копченые колбасные изделия и некоторые другие мясные и молочные продукты, но только при условии соблюдения качественных параметров их производства.

Кроме стран ЕС высокий уровень таможенно-тарифной защиты имеют: по мясопродуктам – Турция, страны ЕС, Мексика, Индия; по молочной продукции – на первом месте по импортным пошлинам находится Канада (200–270 %), Турция (113–180 %), ЮАР (103–150 %), Мексика (около 70 %, за исключением масла сливочного), Индия (30–60 %) и Венесуэла (20–40 %).

Наиболее доступными странами для продаж *мяса крупного рогатого скота*, исходя из импортной пошлины, являются: Австралия и Новая Зеландия, Египет, Сингапур, Индонезия и Монголия. Такая же ситуация складывается по свинине и мясу птицы. По молокопродуктам достаточно либеральным является доступ на рынки таких стран, как Австралия и Новая Зеландия, Перу, Алжир и Египет, Вьетнам и Монголия, Сингапур.

В целом по продукции растительного происхождения уровень импортных пошлин является более низким, чем на продукцию животноводства, исключение составляет сахар. Тем не менее, на *пшеницу* достаточно высокие пошлины имеют Китай (65,0 %), Канада (62,8 %), Турция (54,2 %), Мексика (50,3 %). Импортные пошлины в пределах 0–5 % установлены в странах Океании, США, Перу, Вьетнаме, Монголии и Сингапуре.

На современном этапе усиливается влияние нетарифных барьеров в торговле сельскохозяйственной продукцией и продовольствием. Так, в период 2009–2014 гг. по сравнению с 1996–2000 гг. количество нетарифных мер, используемых в торговле анализируемой продукцией, увеличилось в 3,4 раза, в том числе: по санитарным и фитосанитарным мерам (СФС) – в 2,9 раза, техническим барьерам в торговле (ТБТ) – 12,2, антидемпинговым мерам – в 4,5, компенсационным – в 7, количественным ограничениям – в 22,6 раза (табл. 5). Также как и в тарифном регулировании, наиболее значительное усиление использования нетарифных мер наблюдается в отношении готовой продукции.

Предполагается, что с развитием инновационных процессов в мире вопросы технического регулирования и санитарной безопасности продовольствия и кормов будут приобретать еще большее значение. В этой связи необходимо тесное сотрудничество в рамках многосторонней торговой системы с целью недопущения использования стандартов как меры протекционизма.

Несмотря на выработанные мировой практикой общие подходы к регулированию внешней торговли, странам и сообществам присущи и некоторые особенности доступа на рынок импортной продукции, обусловленные экономическими, социальными или другими условиями.

Таблица 5. Динамика использования нетарифных барьеров в торговле сельскохозяйственной продукцией, сырьем и продовольствием в мире

Вид нетарифного барьера	1996–2000 гг.	2001–2005 гг.	2006–2010 гг.	2009–2014 гг.	Темп роста 2014–2009 гг. к 1996–2000 гг., разы
СФС	961	1732	2379	2777	2,9
ТБТ	131	378	1331	1603	12,2
Антидемпинговые	6	9	17	27	4,5
Компенсационные	1	1	4	7	7,0
Защитные	17	18	8	13	–23,5 %
Специальные защитные	288	465	206	173	–39,9 %
Количественные ограничения	7	6	11	158	22,6
Всего	1411	2609	3956	4758	3,4

Например, во многих странах Азии, Африки и Южной Америки существуют ограничения на ввоз по отдельным видам и ассортименту продовольствия, что обусловлено национальными особенностями и предпочтениями в питании населения.

Поэтому необходимо учитывать и тот факт, что культура и традиции питания, а также религиозные особенности являются значимым ограничивающим фактором экспорта продуктов питания в некоторые страны. Например, традиционно в основе питания населения Юго-Восточной Азии лежит растительная пища (значительную долю занимают бобовые), среди злаковых культур – рис. Регионы, в которых преобладает мусульманская вера, не потребляют свинину и др., т. е. структура потребления населением регионов Азии и Африки не включает ряд продовольственных товаров, которые являются значимыми с точки зрения увеличения экспортного потенциала для Беларуси.

Оценивая возможности диверсификации экспорта, необходимо также иметь в виду, что перспективными для экспорта могут быть импортоориентированные страны, а также страны с увеличивающимся уровнем потребления конкретного товара.

Мониторинг производства, экспорта и импорта в разных странах и регионах мира мяса и молокопродуктов, т.е. продукции, определяющей экспортную ориентацию Беларуси, позволил выявить, что наиболее импортоориентированными странами являются: по молокопродуктам – Россия, Египет, Китай и др.; по мясопродуктам – Египет, Ирак, Украина, Россия, Вьетнам, Китай (рис. 3).

В свою очередь, наращивание экспортного потенциала сельскохозяйственной продукции и продовольствия Беларуси следует рассматривать во взаимосвязи с обеспеченностью внутренних потребностей, сбалансированностью развития продуктовых рынков по объемам производства, импорта и экспорта. Поэтому объемы и структура экспорта сельскохозяйственной продук-



Рис. 3. Мировые лидеры по импорту мяса и мясопродуктов, масла сливочного и сыров твердых

ции и продовольствия зависит от уровня самообеспеченности конкретными видами продукции. Анализ свидетельствует, что в последние годы Беларусь становится все более экспортоориентированной страной в части продукции животного происхождения, так как уровень обеспеченности внутреннего рынка по мясу составляет более 130 %, молока – около 200 % (табл. 6).

Таблица 6. Уровень самообеспеченности внутреннего рынка Беларуси основными видами сельскохозяйственной продукции, %

Вид продукции	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.
Зерно	94,0	100,0	94,0	100,0
Мясо	118,3	118,8	126,4	134,6
Молоко	196,4	179,0	199,1	267,0
Яйца	118,3	119,2	121,4	126,1
Рыба	14,5	19,3	18,7	14,4
Картофель	102,0	100,0	102,3	101,5
Овощи и бахчевые культуры	96,9	93,8	92,0	95,9
Фрукты и ягоды	72,1	50,7	63,2	57,6
Масло растительное	70,0	65,0	90,8	91,0
Сахар	252,0	166,0	209,0	352,0

Примечание. Таблица составлена по данным Национального статистического комитета Республики Беларусь.

Наиболее экспортоориентированной является та продукция, уровень самообеспеченности которой больше 100 %, т.е. объемы собственного производства за вычетом производственных и нормативных потерь должны быть больше внутренних потребностей, а коэффициент эффективности в общей динамике за ряд лет является положительным.

Учитывая прогнозные показатели объемов внутреннего потребления (личное потребление, производственное потребление, включая переработку, семена, корма и др.), а также развитие внешней торговли, нами определена структура емкости рынков основных сельскохозяйственных и продовольственных товаров Беларуси в перспективе (рис. 4). Расчеты показывают, что в структуре емкости рынков основных видов сельскохозяйственного сырья и продовольствия Беларуси, как и в настоящее время, сохранятся сложившиеся тенденции, именно:

- производство зерна будет направлено на внутреннее потребление, объемы его экспорта и импорта незначительны;
- основная доля производства картофеля и овощей будет также использована на внутреннем рынке;

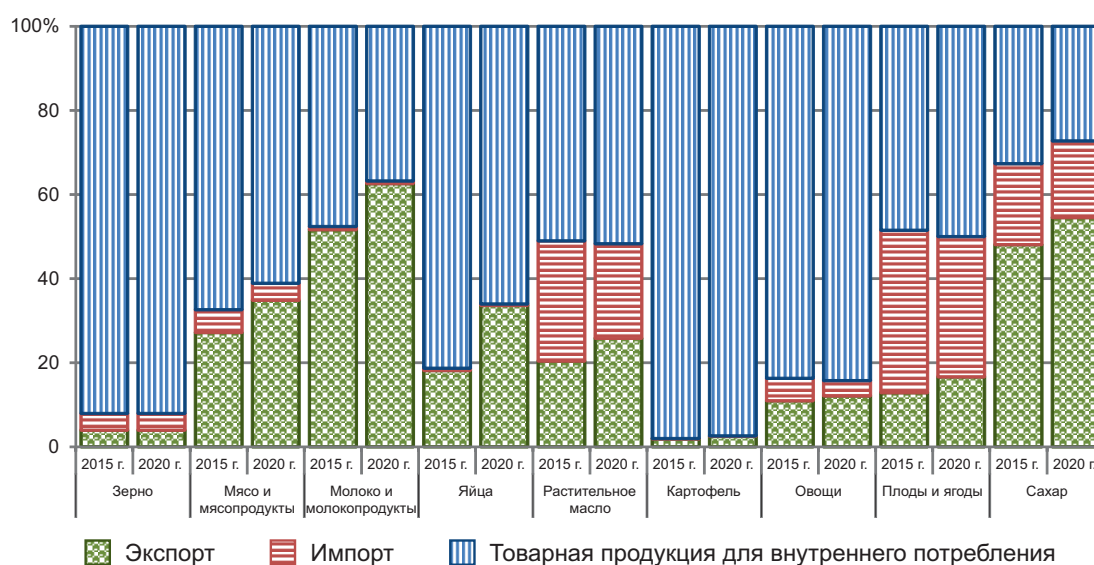


Рис. 4. Прогноз структуры емкости рынков основных сельскохозяйственных и продовольственных товаров Беларуси

– на рынке мясной и молочной продукции, яиц и сахара значительная доля принадлежит экспорту;

– наиболее импортотемким является рынок растительного масла и плодов, импорт которых занимает около 40 % в объемах внутреннего потребления.

Практика свидетельствует, что на уровень диверсификации экспорта продовольствия по товарной номенклатуре и странам наряду с конкурентоспособностью достаточно значимое влияние оказывает конъюнктура мировых рынков. В данной связи нами выявлено следующее:

– стоимость мировой торговли сельскохозяйственной продукцией имеет постоянную тенденцию к росту, однако темпы ее роста в большей степени обусловлены ростом цен, а не объемов;

– сохраняется высокая концентрация мировой торговли в небольшой группе экономически развитых стран, к тому же в мире уже сложились лидеры экспорта и импорта, которые в значительной степени диктуют уровень мировых цен;

– в товарной структуре экспорта наблюдается рост доли продукции с более высоким технологическим уровнем;

– опережающими темпами происходит рост торговли в рамках региональных сообществ за счет развития процессов торгово-экономической интеграции.

Так, в последние годы около 70 % мирового объема экспорта сельскохозяйственной продукции осуществляется в рамках региональных торговых соглашений и соглашений о преференциальной торговле. Интенсивное развитие внутрирегиональной торговли обусловлено использованием разного рода преференций, т. е. созданием более либеральных условий по сравнению с торговлей вне соглашений. Например, несмотря на невысокий уровень самообеспеченности мясо-молочной продукцией стран Европейской ассоциации свободной торговли (ЕАСТ), куда входят Исландия, Лихтенштейн, Норвегия и Швейцария, они проводят крайне протекционистскую агропромышленную политику. Поэтому импорт осуществляется преимущественно из стран-партнеров по региональной торгово-экономической интеграции, таких как ЕС и Канада.

Таким образом, исследования подтверждают, что эволюция факторов и тенденций развития мировой торговли обуславливает необходимость постоянного совершенствования системы мер и инструментов регулирования внешнеторговых отношений, направленных на согласованность национальных норм и правил с выработанными практикой международных отношений.

Выводы

Потенциальные возможности наращивания экспорта белорусской продукции и его диверсификация по товарной и географической направленности в значительной степени зависят, во-первых, от того, насколько конкурентоспособной будет отечественная продукция, во-вторых, от страновых и региональных особенностей применения методов и инструментов, регулирующих доступ на внутренний рынок стран-импортеров. Поэтому расширение продаж белорусской продукции на внешних рынках предполагает осуществление следующих мер:

– внедрение инновационных технологий производства и сбыта продукции, выведение новых высокоурожайных сортов и гибридов, создание высокого генетического потенциала высокопродуктивных конкурентоспособных пород и групп сельскохозяйственных животных на основе применения новейших методов селекции и разведения;

– обеспечение качества и безопасности отечественной продукции должно базироваться в первую очередь на соблюдении ветеринарного, фитосанитарного и санитарно-гигиенического режимов. Необходимо осуществлять производство сельскохозяйственной продукции и ее переработку на основе использования системы рациональных норм и нормативов организации и ведения конкурентного производства, контроля и измерения качества продукции и ресурсов; внедрения системы технологических регламентов и стандартов внутреннего производства, обеспечивающих получение продукции на уровне международных требований;

– стимулирование производства и внешней торговли посредством совершенствования финансовой поддержки, налоговой системы, ценообразования, страхования и других мер. Необходима поддержка выхода белорусских высокотехнологичных предприятий на мировые рынки.

Предлагаемые нами методологические подходы оценки конкурентоспособности аграрной продукции Беларуси на внешних рынках в контексте реализации экспортного потенциала позволяют выявить оптимальный ассортимент продукции для сбыта на внешних рынках, определить страны и регионы, являющиеся наиболее доступными для белорусской аграрной продукции исходя из внешнеторговой политики стран-импортеров, а также развития отечественных продуктовых рынков.

Литература

1. Аналитический центр WTO-информ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://wto.org>. – Дата доступа: 01.01.2015.
2. Байгот, М. С. Методические подходы по развитию внешнеторговых отношений Беларуси в контексте региональной и международной интеграции в сфере АПК / М. С. Байгот // Аграрная экономика. – 2012. – № 1. – С. 41–45.
3. Внешняя торговля Республики Беларусь: статист. сб. – Минск: Нац. стат. комитет Респ. Беларусь, 2014. – 312 с.
4. Гусаков, В. Г. Оценка состояния и основные направления совершенствования экспортно-импортных отношений в АПК / В. Г. Гусаков // Аграрная экономика. – 2011. – № 8. – С. 2–14.
5. Продовольственная безопасность Республики Беларусь. Мониторинг – 2013: в контексте глобальных проблем в сфере продовольствия / З. М. Ильина [и др.]; под ред. З. М. Ильиной. – Минск: Ин-т систем. исслед. в АПК НАН Беларуси, 2014. – 206 с.
6. Стратегия развития сельского хозяйства и сельских регионов Беларуси на 2015–2020 годы / В. Г. Гусаков [и др.]. – Минск: Ин-т систем. исслед. в АПК НАН Беларуси, 2014. – 55 с.
7. Таможенный союз: реализация экспортного потенциала АПК / З. М. Ильина [и др.]; под ред. З. М. Ильиной. – Минск: Ин-т систем. исслед. в АПК НАН Беларуси, 2014. – 171 с.

M. S. BAJGOT

COMPETITIVENESS OF AGRICULTURAL PRODUCTS OF BELARUS AT FOREIGN MARKETS: ASSESSMENT METHODOLOGY AND FULFILLMENT OF THE EXPORT POTENTIAL

Summary

The article proposes the methodological approaches to the estimation of export efficiency and competitiveness of agricultural products at foreign markets; determination of the volume of export of national products; identifying prospective markets for the sales of Belarusian agricultural products. The directions of the research on the world food market, methods and techniques for the regulation of the foreign trade in importing countries are substantiated. The level of tariff and nontariff shelter of agricultural products in definite countries and communities is identified. Forecasting parameters of the capacity of the national markets including domestic consumption, export and import are determined.

УДК 338.436:001.891(476)

М. И. ЗАПОЛЬСКИЙ

НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ИНТЕГРАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В АПК БЕЛАРУСИ

*Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси,
Минск, Беларусь, e-mail: agreconst@mail.belpak.by*

(Поступила в редакцию 06.03.2015)

Зарубежный и отечественный опыт свидетельствует, что в условиях перехода агропромышленного производства Беларуси на инновационный путь развития важнейшим механизмом стабильного и конкурентного его рыночного развития является продовольственная кооперация и интеграция, актуальность и значение которых в последние годы усиливаются.

Актуальность данного вывода подтверждается проводимой государственной политикой по реструктуризации АПК на принципах кооперации и интеграции с целью наращивания его экспортного потенциала. Так, Государственной программой устойчивого развития села на 2011–2015 годы предусмотрено к 2015 г. увеличить производительность труда на 67 %, довести экспорт продукции АПК до 7,2 млрд долларов США. Это амбициозная, но вполне решаемая задача, что и подтверждают результаты внешнеэкономической деятельности АПК в 2011–2013 гг.

В Программе определены и пути достижения поставленных целей, основными из которых являются преобразование структуры АПК на принципах кооперации и интеграции путем создания крупных продуктовых компаний.

В последние годы республика в целом достигла необходимых критериев продовольственной безопасности, чему способствовало сохранение крупнотоварного производства, обоснованная его концентрация и специализация, технологическая модернизация перерабатывающих предприятий и т.п. Поэтому вполне закономерно, что созданная экономическая база может и должна служить ступенькой для достижения более высокой цели – усиления продовольственной конкурентоспособности национального АПК, прежде всего в рамках Единого экономического пространства [1].

Образно выражаясь, нам необходимо взрастить дерево продовольственной конкурентоспособности национального АПК, быстрый и качественный рост которого возможен на основе эффективного взаимодействия различных сфер деятельности с привлечением новейших технологий мирового уровня, отечественного и иностранного капитала (в первую очередь России и Казахстана), а также активного участия отечественных брендовых предприятий и компаний в деятельности транснациональных продовольственных компаний [2].

Вместе с тем исследования подтверждают, что, несмотря на значительный научно-практический задел и имеющийся опыт, проблемы развития и совершенствования кооперативно-интеграционных отношений в аграрной сфере Беларуси комплексно и системно исследованы недостаточно.

Так, нуждается в совершенствовании теоретическое обоснование сущности и тенденций развития агропромышленной интеграции в условиях рыночных преобразований. В методологическом плане не выработан механизм совершенствования государственного регулирования деятельности интегрированных формирований в АПК и критерии их функционирования по уровню эффективности. Требуют также комплексного изучения вопросы целевого формирования и распределения общего эффекта в интегрированных формированиях.

В теоретическом плане для достижения обозначенных целей нами разработана интеграционная модель усиления национальной продовольственной конкурентоспособности, включа-

ющая весь комплекс институциональных условий, рычагов и механизмов рыночного развития АПК при сохранении социальных гарантий государства. В основу разработанной модели положен универсальный принцип «полевой» ориентации системы производственно-экономических взаимоотношений хозяйствующих субъектов, что позволило сформировать интеграционное пространство (так называемое «поле»), которое выступает как целое по форме и как единое с другими разрозненными полями по содержанию. На этой основе появляется возможность существенно наращивать экспортный потенциал крупных продуктовых компаний и АПК в целом по усилению их конкурентоспособности на внутреннем и внешнем рынках за счет эффективного взаимодействия как между субъектами интеграции, так и сферами агропромышленного производства [3].

Проведенные исследования позволили сформировать в данной модели три основных институциональных пространства (поля), способствующих усилению национальной продовольственной конкурентоспособности (НПК): интеграционное, инвестиционное и инновационное.

В данном контексте нами установлена необходимая приоритетность освоения (засевания) интеграционного поля, на котором могут и должны создаваться, развиваться и совершенствоваться различные территориальные, отраслевые и смешанные компании. Как показывают наши исследования, главным здесь остается вопрос – что взять за основу интеграционного развития отечественного АПК: единые сквозные продуктовые компании или региональные многоотраслевые агропромышленные формирования. Здесь необходимо, прежде всего, определиться с приоритетами в экономических интересах между государством и отдельными компаниями.

Исходя из сегодняшних реалий, большее развитие получают региональные структуры, позволяющие органам местного управления использовать их финансовые возможности для решения узковедомственных территориальных проблем. Однако наши исследования подтверждают, что государству более выгодно создание сквозных продуктовых компаний и формирование единого белорусского бренда по тому или иному продукту.

В данном контексте нами выполнены расчеты недобора валютной выручки за 2011–2014 гг., когда наши региональные компании самостоятельно поставляют продукцию на внешний рынок, создавая необоснованную конкуренцию между собой и сбивая тем самым цены на продукцию. Например, реализация говядины в тушах в 2014 г. была максимальной у предприятий Гродненской области – 4523 долларов США за 1 т, а самая низкая – у Могилевской – 4045, т.е. меньше на 478 долларов США. По свинине разница между Брестской и Минской областями составила 158 долларов США за 1 т, по колбасным изделиям разница между Минской и Витебской областями – 1701 доллар США. Такая же ситуация с экспортными ценами имеет место по региональным компаниям и по молочным продуктам.

Таким образом, следует признать, что если бы у нас были единые республиканские компании по продуктовому признаку и их продукция реализовывалась под единым брендом, то мы смогли бы получать дополнительную выручку. Расчеты показывают, что если в 2011 г. только по предприятиям Минсельхозпрода недобор валютной выручки за счет данного фактора составил 251 млн долларов США, то в 2014 г. – уже около 550 млн долларов США, т.е. увеличился почти в 2,2 раза.

Более того, даже в рамках региональных продуктовых компаний не удается максимизировать валютную выручку. Так, в холдинге «Гомельская мясо-молочная компания» между дочерними компаниями наблюдается разброс цен по отдельным видам экспортной продукции. Например, разница в цене между ними на российском рынке по маслу достигает 895 долларов США за 1 т, по твердым сырам – 847, по свинине – 1164 и т.д., и это при том, что управляющая компания холдинга согласовывает все экспортные контракты своих дочерних компаний.

В данном контексте нами предложена рыночная модель создания крупных продуктовых компаний, суть которой состоит в возможности выстраивать ранжированную систему учета закономерностей рыночного развития и систематизированных принципов их функционирования, что в совокупности позволяет предложить инновационный путь развития продуктовых компаний на основе совместного использования рабочей силы и средств производства, объединения ресурсов, собственности, конечных результатов деятельности субъектов интеграции. Новизна данного подхода состоит в том, что нами определены особенности использования основных тенденций

развития хозяйствующих субъектов и их объединений в условиях сотрудничества и конкуренции (соконкуренции) как с другими отечественными, так и с международными компаниями [4].

В условиях становления рыночной экономики важным является совершенствование системы государственного регулирования процессов агропромышленной интеграции, которую нами предлагается формировать на основе систематизации функций государства по участию в деятельности кооперативных объединений, что позволит на практике повысить устойчивость развития агропромышленного производства в новых условиях хозяйствования посредством оптимизации взаимодействия участников единой технологической цепи по производству сырья, его переработке и реализации готовой продукции.

В развитие методологии установлены и предложены факторы, обеспечивающие эффективное функционирование механизма государственного регулирования интеграционных процессов, который основан на системном сочетании рыночных принципов и методов воздействия государства на деятельность субъектов интеграции. К основным нами отнесены: мотивационная направленность государственной поддержки, гибкий и действенный протекционизм перспективных видов деятельности крупных продуктовых структур, целевая поддержка оптимального сочетания экономических и социальных целей в деятельности кооперативных объединений, программно-целевая поддержка экспортоориентированного производства, сочетание индикативности и директивности при осуществлении контрольных функций и др.

При этом нами обосновано положение о том, что в условиях становления рыночной экономики необходимо участие государства в экономическом регулировании интеграционных процессов ввиду недостаточной эффективности методов рыночного саморегулирования деятельности крупных интегрированных структур, значимостью и преимуществами функционирования таких объединений, их влиянием на результативность отраслей и подкомплексов АПК.

В рамках разработки данной темы нами выполнен системный анализ достигнутого уровня развития кооперативно-интеграционных отношений в отечественном АПК, который показал, что в республике имеются примеры эффективного функционирования созданных агропромышленных структур различных организационно-правовых форм.

В данном контексте нами исследованы такие интегрированные структуры, как ОАО «Агрокомбинат «Скидельский», ОАО «Агрокомбинат «Дзержинский», СПК «Агрокомбинат «Снов». Установлено, что высокая эффективность их хозяйствования основывается как на диверсификации агропромышленного производства, так и законченности технологического цикла при продвижении продукции на потребительский рынок.

Традиционный сравнительный анализ основных факторов, влияющих на высокорентабельную работу корпоративных объединений различных моделей, показал, что показатели использования производственного и ресурсного потенциала в каждой из этих структур имеют различные значения.

Например, по уровню использования ресурсного потенциала (прежде всего земли) лидером является СПК «Агрокомбинат Снов», в котором в 2014 г. получили с 1 га сельхозугодий по 27,7 млн руб. прибыли. Достижение такого результата стало возможным за счет интенсивного использования земли (например, в 2014 г. урожайность зерновых составила 87,5 ц/га, плотность КРС на 100 га сельхозугодий – 166 гол., свиней – 512 гол., птицы – 8825 гол.), высокой продуктивности скота (в 2014 г. удой на корову составил 9538 кг, среднесуточный привес КРС – 877 г, свиней – 723 г, птицы – 60,1 г) и высокого уровня реализации готовой продукции через собственную торговую сеть (63,4 %).

Вместе с тем традиционные подходы при анализе экономической деятельности крупных интегрированных структур не дают ответа на вопрос: насколько равноправными и равновыгодными являются производственные связи и экономические отношения между различными по специализации участниками единой продуктовой цепи.

В данном контексте нами выполнен углубленный анализ сложившейся структуры фактических затрат и полученных финансовых результатов на отдельных этапах единой технологической цепи в ОАО «Агрокомбинат «Скидельский». Установлено, что наличие собственной зерно- и мясопереработки позволяет иметь высокую рентабельность и оказывать финансовую помощь

структурным подразделениям, производящим сырье, посредством оптимизации закупочной цены. Обратная тенденция наблюдается при производстве молока, где нет собственной переработки.

По результатам углубленного анализа установлено, что удельный вес специализированных подразделений акционерного общества (по производству, переработке, сбыту) в структуре затрат и полученной прибыли имеет различное значение:

– при производстве конечной продукции из зерна (комбикорма для скота и птицы) затраты на стадии производства составляют 59 %, получаемая прибыль – 57 %. В то же время затраты на стадии реализации готовой продукции составляют только 8 %, а присвоение прибыли достигает 26 %;

– при производстве молока затраты производителей составляют 80 %, получаемая прибыль – 57 %, при этом затраты торговли составляют 7 %, а прибыль – 36 %;

– при производстве сырья для мясопереработки (говядина и свинина) затраты составляют 82 %, получаемая прибыль – 5 %. В свою очередь, затраты переработки (производство полуфабрикатов) составляют 12 %, а распределенная прибыль – 42 %. На стадии сбыта мясной продукции данное соотношение вообще составляет (6 : 53) %.

Необходимо учитывать наличие факторов, сдерживающих массовое создание интегрированных структур, основными из которых нами выделены следующие:

слабая подготовка руководителей по управлению бизнесом (основная масса руководителей является технологами, а не экономистами);

наличие значительных долговых обязательств (в том числе просроченных) у потенциальных участников этих структур;

«психологический» фактор у руководителей – ликвидация юридически самостоятельных структур высвобождает определенное число руководителей и не все они готовы работать под чьим-то руководством;

высокая степень влияния государства по управлению агропромышленным производством (доля государства в сельскохозяйственных организациях и перерабатывающих предприятиях очень высока);

не решены проблемы налогообложения и консолидированного учета в кооперативно-интеграционных формированиях, что снижает эффективность управления;

правовые ограничения по участию банков и государственных предприятий в деятельности хозяйственных обществ и холдингов и невозможности инвестирования ими собственных средств в окупаемые проекты;

существующая ведомственная разобщенность субъектов интеграции в единой технологической цепи «производство – переработка – сбыт».

Названные негативные факторы оказывают существенное влияние и на эффективное функционирование уже существующих интеграционных структур, по этим причинам некоторые из них были даже расформированы.

Исследования позволили установить, что уровень подготовленности руководителей и специалистов организаций АПК для возможного участия в создании и деятельности кооперативно-интеграционных структур, их активность в данном направлении явно недостаточны по причине незнания сущности интеграционных процессов, а также нежелания иметь дополнительный объем работы. Это подтверждают, например, результаты проведенного нами опроса среди начальников управления сельского хозяйства и продовольствия 40 районов республики.

Например, 92,5 % респондентов отметили, что нуждаются в дополнительной информации о принципах и методах создания и работы кооперативно-интеграционных структур (КИС), при этом 57 % высказались за получение такой информации из научных рекомендаций, 18 % из газет и журналов, 25 % от вышестоящего руководства. Следует отметить, что успешное функционирование таких структур связывается ими с устойчивым производственно-финансовым состоянием предприятий-интеграторов (97 %).

Среди руководителей районного звена 74 % высказались за то, что создание интегрированных структур является перспективным направлением реформирования АПК, при этом 60 % из

них уверены в необходимости определить в качестве интегратора перерабатывающие предприятия, 18 % промышленные и обслуживающие, 22 % крупные сельскохозяйственные организации.

Таким образом, нами установлено, что в масштабах республики целесообразно формировать сквозные агропромышленные компании по продуктовому признаку, что позволяет не только преодолеть ведомственную и территориальную разобщенность различных групп товаропроизводителей, но и проводить согласованную государственную и рыночную политику, обеспечивать требуемую конкурентоспособность производства и сбыта.

Однако такие продуктовые компании должны быть организованы преимущественно на частнособственнической или смешанной основе, дающей необходимую степень экономической свободы для инициативы и предприимчивости товаропроизводителей, что позволяет уменьшить масштабы государственного патернализма и нацелить товаропроизводителей на зарабатывание средств.

В данном контексте целесообразно использовать различные модели организации агропромышленного производства для конкретных подкомплексов. Так, для свеклосахарного подкомплекса перспективной является модель создания и функционирования финансово-промышленной группы, которая позволяет сформировать устойчивые связи на рынке сахара путем установления научно обоснованных эквивалентных отношений при производстве сахарной свеклы, ее переработке и реализации готовой продукции.

Применение данной модели в условиях рыночных преобразований способствует выравниванию материальной заинтересованности всех участников группы в получении обоснованного и высокого конечного финансового результата. При этом учитывалась экспортоориентированная направленность деятельности сахарной отрасли, для чего обоснована необходимость активного развития товаропроводящей сети на внешнем рынке путем создания торговых домов и представительств за рубежом, включая уже созданную Белорусскую сахарную компанию в России и аграрную компанию в Казахстане.

Наши расчеты показывают, что только за счет согласованной реализации готовой продукции сахарные заводы добились формирования максимальной реализационной цены для отрасли в целом. Так, по итогам работы за 2011–2014 гг. разница в сложившейся цене реализации между заводами практически отсутствует, однако имеет тенденцию к снижению (в 2011 г. цена реализации 1 т составляла 805 долларов США, в 2014 г. – 640 долларов США).

Отличительной особенностью функционирования и значимостью предложенной модели в свеклосахарном подкомплексе (против других форм взаимодействия хозяйствующих субъектов) является участие в ее деятельности банковской структуры, что обусловлено снижением в предстоящие годы государственных централизованных инвестиций в отрасль и возможностями привлечения значительных финансовых ресурсов банковской сферы. Анализ показывает, что даже у основного сельскохозяйственного банка – ОАО «Белагропромбанк» – имеются значительные возможности по инвестированию собственных средств в развитие агропромышленного производства, включая и свеклосахарную отрасль. Достаточно сказать, что только за 2013 г. банком получено 117 млн долларов США (в эквиваленте) прибыли и ее рост по отношению к 2011 г. составил 20 %.

Важным направлением эффективного использования интеграционных форм хозяйствования является разработка комплексной методики оценки эффективности создания и функционирования кооперативно-интегрированных структур. Использование такой методики позволяет определить экономическую и социальную выгоду от тесного взаимодействия хозяйствующих субъектов в рамках объединения. Она включает разработку относительных показателей результативности интеграционных процессов (в дополнение к общепринятым), характеризующих уровень и степень производственно-финансового взаимодействия участников интегрированного формирования [5].

Таким образом, предложенные теоретико-методологические подходы имеют и практическое значение для повышения эффективности функционирования агропромышленного производства и позволяют перестроить всю систему национального АПК на принципах интеграции с целью наращивания его экспортного потенциала.

Литература

1. Гусаков, В. Основные концептуальные положения развития агропромышленного комплекса Республики Беларусь до 2020 года / В. Гусаков [и др.] // Аграрная экономика. – 2012. – № 9. – С. 2–14.
2. Концептуальные подходы по формированию интеграционного поля продовольственной конкурентоспособности в условиях функционирования Единого экономического пространства Государств Таможенного союза / В. Г. Гусаков [и др.] // Вестн. НАН Беларуси. Сер. аграр. наук. – 2012. – № 4. – С. 23–36.
3. Пилипук, А. В. Институциональная модель национальной продовольственной конкурентоспособности / А. В. Пилипук, М. И. Запольский, Ф. И. Субоч // Вестн. НАН Беларуси. Сер. аграр. наук. – 2012. – № 2. – С. 20–29.
4. Гусаков, В. Г. Научные основы создания продуктовых компаний / В. Г. Гусаков, М. И. Запольский; Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т систем. исслед. в АПК НАН Беларуси. – Минск : Беларуская навука, 2012. – 195 с.
5. Методические рекомендации по оценке эффективности кооперативно-интеграционных структур / М. И. Запольский [и др.] // Научные принципы регулирования развития АПК : предложения и механизмы реализации / редкол.: В. Г. Гусаков [и др.]. – Минск: Ин-т систем. исслед. в АПК НАН Беларуси, 2012. – С. 136–140.

M. I. ZAPOLSKY

SCIENTIFIC BASES OF INTEGRATION PROCESSES IN THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX OF BELARUS

Summary

The paper proposes the scientific bases of transformation of the structure of the national agro-industrial complex on the principles of cooperation and integration by means of creation of large product companies. The integration model of strengthening the national food competitiveness is developed. This model includes the complex of institutional conditions, levers and mechanisms of market development of the agro-industrial complex with the preservation of social guarantees of the state.

ЗЕМЛЯРОБСТВА І РАСЛІНаВОДСТВА

УДК 631.445.24:631.416.9:[633.1:631.559]

Н. А. МИХАЙЛОВСКАЯ, О. М. ТАВРЫКИНА, Ю. В. ПУТЯТИН, Т. В. ПОГИРНИЦКАЯ

ВЛИЯНИЕ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЫ ОБМЕННЫМ МАГНИЕМ НА ЕЕ БИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ И УРОЖАЙНОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Институт почвоведения и агрохимии, Минск, Беларусь, e-mail: bionf1@yandex.ru

(Поступила в редакцию 18.06.2014)

Введение. Магний является незаменимым биогенным элементом, необходимым для нормального функционирования растительной клетки. Биохимическая роль магния связана с тем, что он входит в состав хлорофилла, регулирующего фотосинтез, активирует ряд ферментов, а также входит в состав многих ферментов, катализирующих ключевые биохимические процессы [1–4]. Установлено участие магния в процессах синтеза белка и нуклеиновых кислот. Нарушение магниевое питания вызывает снижение содержания белка и повышает концентрацию свободных амидов и аминокислот в растениях. Магний существенно влияет на поглощение из почвы, передвижение и обмен фосфора в растениях [1–6].

Несмотря на значимую роль магния в клеточном метаболизме и функционировании ферментов, осуществляющих важнейшие биохимические процессы, влияние этого элемента на биологическую активность почвы слабо изучено [7, 8]. Актуальность исследований в этом направлении обусловлена недостатком информации и необходимостью установления биологически обоснованных уровней содержания магния в дерново-подзолистых почвах.

В настоящее время содержание обменного магния в почвах республики значительно возросло вследствие длительного известкования доломитовой мукой. Увеличивается площадь почв с высоким (избыточным) содержанием обменного магния [3, 5]. Это обуславливает необходимость агрохимических и биологических исследований по установлению оптимальных и пороговых уровней содержания этого элемента в почвах во избежание недобора урожая сельскохозяйственных культур из-за недостаточного или несбалансированно избыточного содержания обменных форм магния в почвах.

Содержание обменного магния сильно различается по отдельным полям и участкам. Если рассматривать на уровне элементарных участков, то разница в содержании магния может достигать двух порядков. Таким образом, в ряде полей севооборотов и рабочих участков, где наблюдаются большие различия в содержании обменного магния, нарушено требуемое соотношение катионов $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ и $\text{K}^{+}/\text{Mg}^{2+}$, это может оказывать негативное действие на интенсивность биохимической трансформации органического вещества, что также требует биологической оценки оптимальных и пороговых уровней содержания магния в почвах.

Необходимость биологической диагностики избыточного содержания магния в почве диктуется также экономическими соображениями, чтобы исключить нерациональные затраты [9].

Биологическое состояние почвы – один из основных оценочных критериев антропогенной деятельности. Микробные сообщества и аккумулялированные в почве ферменты выполняют кри-

тические функции, имеющие основополагающее значение – трансформацию органического вещества и обеспечение питания растений [10–13]. Биологические показатели количественно характеризуют интенсивность и направленность процессов трансформации органического вещества почвы, что позволяет оценивать влияние антропогенной нагрузки на состояние почвенного плодородия и определяет их экологическую значимость.

Цель исследований – в модельном полевом эксперименте установить влияние обеспеченности обменным магнием на урожайность сельскохозяйственных культур и биологическую активность дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы.

Объекты и методы исследований. Биологические исследования проведены в модельном стационарном полевом опыте, заложенном в 1989 г. Почва опытного участка – дерново-подзолистая легкосуглинистая, развивающаяся на мощных лессовидных суглинках (СПК «Щемяслица» Минского района).

Биологическую диагностику почвы проводили в течение 2010–2011 гг. В 2010 г. исследуемой культурой была кукуруза на зеленую массу (гибрид Дельфин), в 2011 г. – яровой ячмень (сорт Атаман).

В опыте созданы четыре уровня обеспеченности почв Mg^{2+} (1М КСl), отражающие диапазон различий по содержанию магния в дерново-подзолистых суглинистых почвах Беларуси. Содержание катионов Mg^{2+} и Ca^{2+} и их соотношения типичны для хорошо окультуренных дерново-подзолистых пахотных почв (табл. 1).

Таблица 1. Агрохимическая характеристика дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы с различными уровнями обеспеченности обменным магнием (1 М КСl)

Содержание Mg^{2+} , мг/кг		Гумус, %	$pH_{КСl}$	P_2O_5	K_2O	Ca	Ca^{2+}/Mg^{2+}	
2010 г.	2011 г.						мг/кг почвы	
71	71	1,8	6,1	292	313	1156	9,8	9,8
84	84	2,2	6,1	278	271	1008	7,2	7,2
137	181	2,2	6,2	294	245	908	3,9	3,0
172	243	2,1	6,3	295	237	932	3,3	2,3

Содержание и соотношение катионов Ca^{2+}/Mg^{2+} по уровням в 2010 г. до проведения насыщения составило 71, 84, 137, 172 мг/кг и 9,8–7,2–3,9–3,3 соответственно. В результате дополнительного насыщения магнием III и IV уровней содержание обменного магния поднялось до 181 и 243 мг/кг при эквивалентных соотношениях Ca^{2+}/Mg^{2+} 3,0 и 2,3. Высокие уровни содержания обменного Mg на делянке создавали путем внесения быстродействующего удобрения – сульфата магния ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$). Агрохимические параметры почвы были определены дважды: весной – перед насыщением опытных делянок и осенью – после уборки урожая ($pH_{КСl}$, гумус, P_2O_5 , K_2O , Ca, Mg). На опытном поле реакция почвы, $pH_{КСl}$, различалась в пределах 6,1–6,3. Опытные делянки находились в одной группе по содержанию подвижных фосфатов, содержание P_2O_5 (0,2 М НСl) составило 278–295 мг/кг почвы, подвижных форм калия K_2O (0,2 М НСl) в зависимости от уровня обеспеченности магнием составило от 237 до 313 мг/кг почвы, обменного Ca (1М КСl) – 908–1156 мг/кг почвы. Содержание гумуса (по Тюрину) было в пределах 1,8–2,2 %.

Биологические исследования проведены на следующих вариантах: контроль – без удобрений, $N_{110+30}P_{60}K_{120}$ (под кукурузу) и $N_{60+30}P_{60}K_{120}$ (под яровой ячмень). Минеральные удобрения в виде карбамида, аммофоса, калия хлористого вносили весной под предпосевную культивацию. Повторность в опыте 4-кратная, размещение делянок рендомизированное. Общая площадь делянки – 12 м², учетная – 8 м².

Содержание углерода в микробной биомассе определяли методом фумигации-экстракции [14]. Для оценки дегидрогеназной активности почвы использовали модифицированный метод А. Ш. Галстяна с применением трифенилтетразолия хлористого в качестве ферментного субстрата, активность рассчитывали в мг трифенилформазана/кг почвы [15].

Активность инвертазы в почве определяли по методу Т. А. Щербаковой, используя динитросалициловую кислоту для индикации редуцирующих сахаров; активность фермента расчи-

тивали в мг глюкозы/кг почвы [16]. Активность уреазы устанавливали колориметрическим методом, разработанным Т. А. Щербаковой [15], в качестве ферментного субстрата использована мочеви́на, для количественного определения аммония применяли реактив Несслера; активность фермента рассчитывали в мг N-NH₄⁺/кг почвы. Активность полифенолоксидазы и пероксидазы оценивали колориметрическим методом по трансформации гидрохинона в почве, активность ферментов выражали в мг 1,4-бензохинона/кг почвы [15]. Содержание обменного магния в почве определяли методом ЦИНАО (ГОСТ 26487–85) [17].

По сравнению со средними многолетними данными вегетационные периоды 2010 и 2011 гг. отличались повышением температуры воздуха в апреле – августе на 3–5°. По сумме осадков погодные условия были близки средним многолетним величинам, дефицит осадков отмечали в апреле 2010 и 2011 гг.

Результаты и их обсуждение. Интенсивное известкование доломитовой мукой (12 % Mg²⁺) в течение 40 лет привело к удвоению содержания обменных форм магния в дерново-подзолистых почвах республики. В настоящее время средневзвешенное содержание обменного магния (Mg²⁺) в пахотных почвах приближается к оптимальному для полевых севооборотов и составляет 147 мг/кг. Подавляющее большинство почв Беларуси (67,9 %) характеризуется оптимальным содержанием Mg²⁺, однако имеет место значительная дифференциация по этому показателю. Так, в Брестской области почвы с низким содержанием обменного магния составляют 6,1 %, в Гомельской – 13,7 %. Почвы с избыточным содержанием обменного магния в целом по республике составляют 5,6 %, в Минской и Брестской областях – 11,2 и 8,7 % соответственно, в Могилевской – 7,2 % [18]. Это свидетельствует о необходимости исследований в широком диапазоне его содержания в почвах, так как параметры оптимального содержания магния в современной научной литературе, как правило, не приводятся.

По литературным данным, содержание магния в дерново-подзолистых суглинистых почвах в диапазоне 90–180 мг/кг обеспечивает получение высокой урожайности сельскохозяйственных культур [18]. Не менее важным условием получения высокой продуктивности культур является соблюдение определенного соотношения катионов кальция и магния в почве [1–6]. До настоящего времени вопрос об оптимальном соотношении Ca²⁺/Mg²⁺ для разных культур остается открытым. Интенсивность поглощения кальция и магния растениями примерно одинакова. Однако для того чтобы оба катиона с равной скоростью поступали в корни растений, концентрация обменного кальция должна превышать концентрацию обменного магния. Это обусловлено более прочной связью кальция с катионнообменными частицами почвы. Согласно исследованиям С. А. Барбера [4], избыток магния в почве не вызывает снижения урожайности, если соотношение Ca²⁺/Mg²⁺ значительно больше единицы. Оптимальный диапазон соотношения Ca²⁺/Mg²⁺ составляет 2–7. Так как почвы различаются по относительной прочности связывания катионов кальция и магния, оптимальный диапазон соотношения Ca²⁺/Mg²⁺ также может варьировать в определенных пределах. К настоящему времени в научной литературе приводятся в основном ориентировочные пороговые значения соотношения Ca²⁺/Mg²⁺ для разных почв.

По данным В. А. Ковды [2], физиологически оптимальным соотношением поглощенных катионов для основных культур является 60–70 % обменного кальция, 10–15 % обменного магния и 3–5 % обменного калия (от емкости поглощения), что соответствует идеальному составу обменных катионов в почве. Однако в разных почвенно-климатических зонах требования разных сельскохозяйственных культур будут различаться.

По данным исследований Института почвоведения и агрохимии, оптимальное соотношение Ca²⁺/Mg²⁺ находится в пределах 4–6. Устойчивая депрессия урожайности основных сельскохозяйственных культур на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве отмечается при содержании MgO в почве более 300 мг/кг и эквивалентном соотношении Ca²⁺/Mg²⁺ менее 2,8 [3, 5]. На дерново-подзолистых супесчаных почвах избыток магния в почвенном растворе проявляется при меньшей концентрации обменного магния в почве.

В сложившихся условиях актуально установление количественных параметров избыточной концентрации магния в почвах, которая может вызывать снижение урожайности и качества сельскохозяйственных культур. В этом отношении особая диагностическая роль принадлежит

оценке биологического состояния почв в зависимости от обеспеченности магнием, в том числе в зоне оптимального соотношения $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$. Требуется установить биологически обоснованные уровни содержания обменного магния в почвах, определяющие зону оптимума, а также его недостаток или избыток, вызывающие снижение урожайности и качества сельскохозяйственных культур.

Разнообразие используемых в настоящее время показателей биологической активности связано с многообразием функций, выполняемых почвенными микроорганизмами. Для диагностических целей наибольший интерес представляет характеристика универсальных микробиологических и биохимических процессов.

Интегральными микробиологическими показателями считаются численность почвенных микроорганизмов и их метаболическая активность [14, 19–21]. Круговорот веществ и энергии, трансформация органического вещества и мобилизация элементов питания – микробно-опосредованные процессы, протекающие при прямом участии микроорганизмов или за счет микробных метаболитов [10, 12].

В основе микробного метаболизма лежит работа ферментов, почвы содержат все известные классы ферментов, однако гидролитические и окислительно-восстановительные ферменты представляют наибольший интерес [10–13]. Выбор показателей ферментативной активности в наших исследованиях обусловлен их связью с универсальными почвенными биохимическими процессами.

Микробную биомассу в почве оценивали по содержанию в ней углерода ($\text{C}_{\text{биомассы}}$), который широко используется в микробиологических исследованиях [14]. Микробная биомасса – основной агент изменений, происходящих в почве под влиянием агротехнологий, она более лабильна по сравнению с общим пулом органического вещества, возраст углерода микробной биомассы составляет всего несколько лет [19–21]. Микробная биомасса тесно коррелирует с активной, или разлагаемой, фракцией органического вещества [19]. Эта фракция легко утилизируется микроорганизмами и отличается быстрым круговоротом в почве [22]. В связи с этим микробная биомасса считается объективным показателем при оценке влияния агротехнологий на численность микроорганизмов в почве.

Наряду с микробной биомассой определена дегидрогеназная активность почвы, которая характеризует интенсивность процессов дегидрирования органических субстратов и метаболическую активность микрофлоры. Дегидрогеназы имеются у абсолютного большинства микроорганизмов. В отличие от других ферментов дегидрогеназы не имеют экстрацеллюлярного компонента, они не адсорбируются и не накапливаются в почве, их активность дает объективную информацию об актуальной численности микроорганизмов в почве, так как дегидрирование органического субстрата идет за счет дегидрогеназ живых микробных клеток [23].

Микробиологические исследования показали, что содержание магния в почве является фактором, регулирующим уровень ее заселенности микроорганизмами и их метаболическую активность. По мере увеличения содержания обменного магния в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве от I к IV уровню (71, 84, 137, 172 мг/кг) наблюдается постепенный рост микробной биомассы и ее метаболической активности на вариантах без удобрений и с внесением NPK (рис. 1, а). При насыщении почвы обменным магнием до 181 мг/кг отмечена относительная стабилизация показателей микробной биомассы и дегидрогеназной активности почвы. Повышение обеспеченности почвы Mg^{2+} до 243 мг/кг вызывало снижение численности и метаболической активности микрофлоры (рис. 1, б).

Изученные микробиологические показатели – $\text{C}_{\text{биомассы}}$ и дегидрогеназная активность – одинаково варьировали в зависимости от содержания обменного магния в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве (рис. 1, 2).

Статистическая оценка показала, что микробиологические показатели в большей мере зависели от содержания магния в почве. Гидротермические условия и возделываемые культуры были менее значимыми факторами. По данным дисперсионного анализа, дегидрогеназная активность почвы на 68 % зависела от обеспеченности магнием и на 29 % от гидротермических условий года и возделываемой культуры.

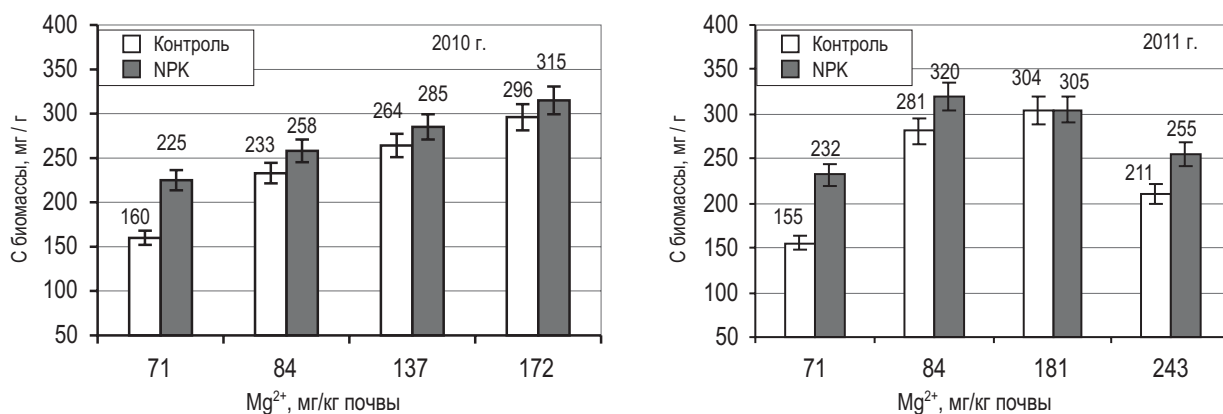


Рис. 1. Содержание углерода в микробной биомассе в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, 2010 и 2011 гг.

В диапазоне соотношения катионов кальция и магния (3,9–7,2) параметры $C_{\text{биомаcсы}}$ варьируют в пределах 233–320 мг/г почвы, дегидрогеназной активности – в пределах 544–833 мг ТФФ/кг почвы (см. рис. 1, 2).

Одна из глобальных функций микробных сообществ почвы – деструкционная, она обеспечивает минерализацию органических остатков до усвояемых форм [10]. Динамика и мобилизация элементов питания связана с действием гидролитических ферментов преимущественно микробного происхождения. Для оценки способности почвы трансформировать сложные органические соединения в усвояемые единицы целесообразно использовать активность гидролитических ферментов завершающих стадий гидролиза [24], когда образуются конечные продукты, в частности аммоний в процессах аммонификации и моносахариды при минерализации углеводов.

В результате аммонификации азот органических соединений, составляющий около 94–95 %, переходит в минеральные формы и становится доступным для растений и микроорганизмов. На разных стадиях аммонификации действуют специфические группы гидролитических ферментов – протеаз, пептидаз, дезаминаз и амидогидролаз, которые определяют динамику азота в почве [10, 25–27]. На завершающих стадиях аммонификации действуют амидогидролазы, к которым относится уреазы [10].

В состав растительных остатков, поступающих в почву, входят углеводы, различающиеся по скорости разложения: моно-, олиго- и полисахариды. Медленно разлагаемая целлюлоза составляет около 40–70 % сухого вещества растительных остатков и является наиболее значимым полисахаридом, поступающим в почву. Ферментативный гидролиз полисахаридов до мономеров представляет собой сложный многоступенчатый процесс, который на разных стадиях катализируется специфическими группами ферментов [13, 24, 28]. В качестве диагностического показателя способности почвы накапливать усвояемые структурные единицы целесообразно ис-

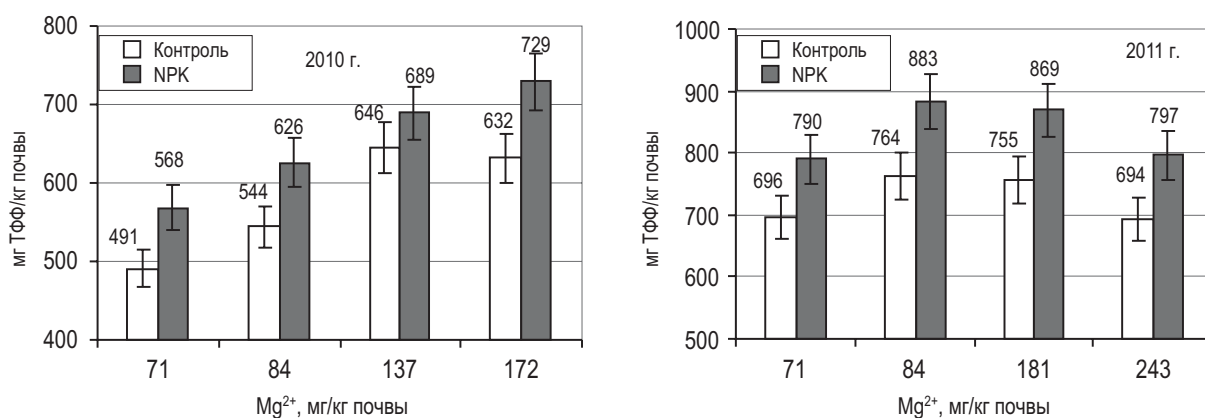


Рис. 2. Дегидрогеназная активность дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы с разным содержанием магния, 2010 и 2011 гг.

пользовать активность инвертаз, действующих на последних стадиях гидролиза, приводящих к образованию растворимых моносахаридов.

Установлено, что возрастание обеспеченности почвы магнием от 71 до 172 мг/кг (2010 г.) приводит к повышению уреазной активности в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве от 163 до 274 мг N-NH₄⁺/кг, что указывает на активизацию процессов аммонификации и повышение обеспеченности почвы минеральными формами азота. При указанных содержаниях магния в почве не отмечено депрессии значимых для плодородия процессов аммонификации. Снижение уреазной активности отмечено на III и IV уровнях обеспеченности почвы магнием при его содержании 181 и 243 мг/кг (2011 г.). Это указывает, что насыщение почвы Mg²⁺ до 181 мг/кг и тем более до 243 мг/кг является избыточным и депрессирует процессы аммонификации, нарушая баланс микробиологических процессов (табл. 2).

По данным дисперсионного анализа, содержание магния в почве является более значимым фактором, регулирующим уреазную активность почвы, по сравнению с гидротермическими условиями вегетационного периода и возделываемыми культурами. Активность уреазы и, соответственно, интенсивность аммонификации в почве на 58 % зависела от обеспеченности магнием и на 36 % от гидротермических условий года и возделываемой культуры.

Сходные закономерности установлены в отношении инвертазной активности почвы. Повышение способности почвы обеспечивать микробные сообщества источниками энергии установлено в диапазоне обеспеченности магнием от 71 до 172 мг/кг (2010 г.), при этом активность инвертазы возрастала от 1156 до 1635 мг глюкозы/кг почвы. Депрессия активности фермента на III и IV уровнях указывает, что содержание Mg²⁺ в пределах 181–243 мг/кг является избыточным и тормозит минерализацию углеводов в почве (см. табл. 2).

Таким образом, экспериментальные данные показывают, что повышение содержания магния от 71 до 172 мг/кг в почве благоприятно воздействует на интенсивность протекания важнейших микробиологических процессов, регулирующих почвенное плодородие – аммонификацию и ми-

Таблица 2. Влияние обеспеченности дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы обменным магнием на активность гидролитических ферментов, 2010–2011 гг.

Содержание Mg ²⁺ в почве	Вариант опыта	Уреазная активность, мг N-NH ₄ ⁺ /кг	Инвертазная активность, мг глюкозы/кг
<i>2010 г.</i>			
I уровень, 71 мг/кг	Контроль	163	1156
	NPK	204	1210
II уровень, 84 мг/кг	Контроль	186	1245
	NPK	233	1365
III уровень, 137 мг/кг	Контроль	214	1528
	NPK	257	1607
IV уровень, 172 мг/кг	Контроль	241	1608
	NPK	274	1635
Фактор А (Mg ²⁺)		9,7	139,5
Фактор В (NPK)		6,8	98,6
<i>2011 г.</i>			
I уровень, 71 мг/кг	Контроль	218	1664
	NPK	258	1734
II уровень, 84 мг/кг	Контроль	247	1777
	NPK	272	1847
III уровень, 181 мг/кг	Контроль	187	1495
	NPK	231	1607
IV уровень, 243 мг/кг	Контроль	164	1481
	NPK	205	1537
Фактор А (Mg ²⁺)		15,6	109,4
Фактор В (NPK)		11,0	77,3

нерализацию углеводов. Депрессия уреазной и инвертазной активности отмечается при насыщении дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы обменным магнием до 180 мг/кг.

В диапазоне соотношения катионов кальция и магния 3,9–7,2 параметры уреазной активности варьируют в пределах 186–272 мг N-NH₄⁺/кг почвы, инвертазной активности – 1245–1847 мг глюкозы/кг почвы (см. табл. 2).

Почвенные микроорганизмы и их метаболиты ведут разнонаправленные процессы, одновременно с минерализацией протекает гумификация органических соединений [10–12]. Несмотря на наличие разных концепций гумусообразования, общепризнано, что гумификация – процесс биохимический [10–13], управляемый микробными ферментами. В настоящее время катализаторами гумификации разлагающегося органического вещества считаются микробные оксидазы – фенолоксидазы и пероксидазы [29, 30], а их активность может служить показателем интенсивности процессов гумификации в почве [11, 13, 31, 32]. Полифенолоксидазы и пероксидазы являются основными агентами гумификации лигнинов, составляющих 15–30 % растительных остатков и наряду с белками являющихся главными поставщиками структурных единиц для гумификации. Микробные оксидазы катализируют окисление ароматических соединений и их производных до хинонов, которые в соответствующих условиях конденсируются с аминокислотами и пептидами с образованием первичных молекул гуминовых кислот [11, 12].

В наших исследованиях проведена оценка активности пероксидазы (ПО) и полифенолоксидазы (ПФО) в зависимости от содержания магния в почве. Как и по другим изученным ферментам, наблюдается общая закономерность – повышение ферментативной активности при внесении минеральных удобрений N₆₀₊₃₀P₆₀K₁₂₀ по сравнению с контролем. Повышение содержания магния в почве от 71 до 172 мг/кг активизировало почвенные пероксидазы и полифенолоксидазы. Дальнейшее увеличение содержания магния до 181 и 243 мг/кг приводило к депрессии активности оксидаз (табл. 3).

В диапазоне оптимального соотношения катионов кальция и магния параметры пероксидазной активности составляют 35,0–46,3 мг бензохинона/кг, полифенолоксидазной – 39,7–43,7 мг бензохинона/кг почвы.

Таблица 3. Влияние обеспеченности дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы обменным магнием на активность ПО и ПФО, 2010–2011 гг.

Содержание Mg ²⁺ в почве	Вариант опыта	ПО	ПФО
		мг бензохинона/кг	
<i>2010 г.</i>			
I уровень, 71 мг/кг	Контроль	38,6	39,1
	НPK	40,0	40,6
II уровень, 84 мг/кг	Контроль	40,4	39,7
	НPK	42,2	41,8
III уровень, 137 мг/кг	Контроль	44,3	41,1
	НPK	46,3	43,7
IV уровень, 172 мг/кг	Контроль	50,8	39,0
	НPK	51,3	43,2
Фактор А (Mg ²⁺)		2,34	2,20
Фактор В (NPK)		1,65	1,55
<i>2011 г.</i>			
I уровень, 71 мг/кг	Контроль	34,0	41,3
	НPK	36,5	42,9
II уровень, 84 мг/кг	Контроль	35,0	42,1
	НPK	36,5	43,5
III уровень, 181 мг/кг	Контроль	34,2	39,9
	НPK	35,0	40,2
IV уровень, 243 мг/кг	Контроль	32,2	39,9
	НPK	33,3	40,7
Фактор А (Mg ²⁺)		0,86	1,25
Фактор В (NPK)		0,61	0,88

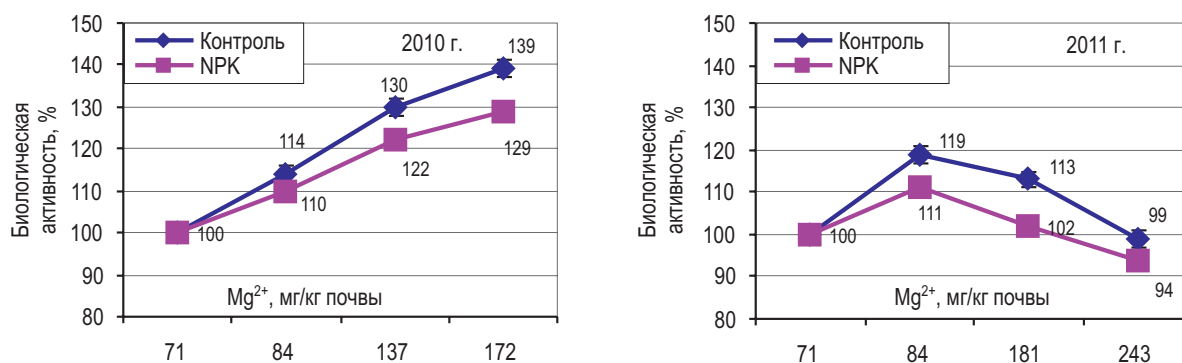


Рис. 3. Биологическая активность почвы в зависимости от обеспеченности обменным магнием, 2010 и 2011 гг.

Для обобщения данных по влиянию обеспеченности почвы подвижным магнием на ее биологический статус проведена суммарная оценка биологической активности почвы в относительных единицах (%). В комплексный показатель биологической активности включены все микробиологические и биохимические параметры за 2010–2011 гг.

На контроле без удобрений повышение показателя суммарной биологической активности отмечается в диапазоне насыщения почвы магнием от 71 до 172 мг/кг. При увеличении содержания магния в почве до 181 и далее до 243 мг/кг проявляется тенденция снижения показателя суммарной биологической активности (рис. 3).

На вариантах внесения минеральных удобрений при содержании обменного магния на уровне 172 мг/кг снижения показателя суммарной биологической активности не отмечается, но уже при насыщении почвы магнием до 181 и 243 мг/кг наблюдается постепенное снижение показателя биологической активности почвы.

Проведение микробиологических и биохимических исследований позволило определить биологически обоснованные уровни содержания обменного магния в дерново-подзолистой суглинистой почве. Экспериментально установлено, что насыщение дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы обменным магнием свыше 172 мг/кг нецелесообразно по биологическим критериям – на вариантах без удобрений отмечается тенденция снижения показателя суммарной биологической активности, а при содержании магния на уровне 181 и 243 мг/кг отмечается значительная депрессия биологической активности почвы. Внесение минеральных удобрений в определенной степени компенсирует отрицательное действие избыточного содержания магния – депрессия биологической активности на удобренных вариантах отмечается при насыщении дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы магнием до 181 мг/кг.

Выводы о биологически обоснованных уровнях обеспеченности дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы магнием подтверждаются урожайными данными. В исследованиях лаборатории мониторинга плодородия почв и экологии Института почвоведения и агрохимии установлено, что в контрольном варианте без удобрений урожайность зеленой массы кукурузы повышалась по мере увеличения содержания обменного магния в почве вплоть до уровня 243 мг Mg²⁺ на кг почвы (табл. 4). Прибавка урожайности за счет повышения обеспеченности почвы магнием в 2010 г. составила 26,6 ц к.ед/га. В варианте с применением минеральных удобрений N₁₁₀₊₃₀P₆₀K₁₂₀ урожайность зеленой массы кукурузы повышалась до III уровня содержания обменного Mg²⁺ (181 мг/кг почвы) на 9–25 %, снижаясь на 7 % (на 11,6 ц к.ед/га) при повышении уровня обменного магния до 243 мг/кг почвы. Наиболее эффективным действие минеральных удобрений оказалось на уровне содержания магния 181 мг/кг, обеспечивая прибавку 21,4 к.ед. по сравнению с контролем. На IV уровне обеспеченности почвы обменным магнием прибавка урожайности зеленой массы кукурузы от минеральных удобрений снизилась до 8 ц к.ед/га.

Урожайность зерна ячменя достоверно увеличивалась только при повышении содержания обменного магния в почве в диапазоне 71–181 мг/кг почвы. Дальнейшее повышение концентрации обменного магния в почве до уровня 243 мг/кг почвы не приводило к увеличению урожайности на исследуемых вариантах опыта. Наибольшая прибавка зерна была получена на уровне

с обеспеченностью обменным магнием 181 мг/кг, составившая в контрольном варианте 6,5 ц к.ед/га, в удобренном варианте – 3,9 ц к.ед/га. При содержании Mg^{2+} 243 мг/кг почвы снижение урожайности было незначительным и составило 1–5 % (0,8–2,7 %). Наиболее эффективным действие минеральных удобрений оказалось на самом низком уровне содержания магния 71 мг/кг, обеспечивая прибавку 36,2 ц по сравнению с контролем.

Таблица 4. Урожайность зеленой массы кукурузы и зерна ячменя в зависимости от применения удобрений и обеспеченности дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы обменным магнием

Вариант опыта	Урожайность, ц к.ед/га		Урожайность культур 2010–2011 гг., ц к.ед/га	Прибавка, к.ед. от	
	кукурузы	ячменя		Mg^{2+} в почве	НРК
<i>Mg 71 мг/кг почвы; $Ca^{2+}/Mg^{2+} = 9,8$</i>					
Контроль (б/у)	117,0	47,4	82,2	–	–
$N_{140}^{*} P_{60} K_{120}$	130,6	83,6	107,1	–	24,9
<i>Mg 84 мг/кг почвы; $Ca^{2+}/Mg^{2+} = 7,2$</i>					
Контроль (б/у)	135,2	51,9	93,6	11,4	–
$N_{140(90)} P_{60} K_{120}$	142,4	85,5	114,0	6,9	20,4
<i>Mg 181 мг/кг почвы; $Ca^{2+}/Mg^{2+} = 3,0$</i>					
Контроль (б/у)	141,8	53,9	97,8	15,6	–
$N_{140(90)} P_{60} K_{120}$	163,2	87,5	125,3	18,2	27,5
<i>Mg 243 мг/кг почвы; $Ca^{2+}/Mg^{2+} = 2,3$</i>					
Контроль (б/у)	143,6	51,2	97,4	15,2	–
$N_{140(90)} P_{60} K_{120}$	151,6	86,7	119,2	12,1	21,8
НСП ₀₅					
Фактор А (НРК)	9,01	5,32	7,17		
Фактор В (Mg^{2+})	10,52	7,43	8,98		

* Доза азота под кукурузу.

** Доза азота под яровой ячмень.

В среднем за два года исследований наибольшая урожайность культур – 123,3 ц к.ед/га – была получена на почве с содержанием обменного магния 181 мг/кг почвы, прибавка урожайности за счет повышения обеспеченности почвы магнием на 110 мг/кг (от 71 до 181 мг/кг) составила 18,2 ц к.ед/га, при этом эквивалентное соотношение Ca^{2+}/Mg^{2+} в почве составило 3,0. Дальнейшее повышение содержания магния в почве приводило к снижению урожайности на 5 % (на 6,1 ц/га к.ед.). Расширение соотношения Ca^{2+}/Mg^{2+} до уровня 7,2–9,8 или снижение до уровня 2,3 сопровождалось недобором урожайности.

Наибольшая прибавка от внесения минеральных удобрений – 27,5 ц/га – была получена на почве с обеспеченностью обменным магнием 181 мг/кг.

Заключение. В полевом эксперименте, моделирующем разную насыщенность дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы обменным магнием – в диапазоне 71, 84, 137, 172, 181 и 243 мг/кг и выровненной обменной кислотности, проведены микробиологические и биохимические исследования. Установлено, что в диапазоне содержания Mg^{2+} в почве от 71 до 172 мг/кг при внесении полного минерального удобрения отмечается постепенный рост микробной биомассы и метаболической активности микробных сообществ, а также повышение интенсивности ключевых микробиологических процессов, регулирующих почвенное плодородие – аммонификации, минерализации углеводов и гумификации растительных остатков (биологически обоснованный диапазон). При насыщении дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы обменным магнием до 180 мг/кг, которое по биологическим критериям можно считать пороговым, замедляется аммонификация, минерализация углеводов и гумификация растительных остатков, в особенности на контроле без удобрений. При достижении концентрации обменного магния до 243 мг/кг отмечается депрессия микробиологических и биохимических процессов в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, что подтверждается урожайными данными.

В диапазоне соотношения катионов кальция и магния 3,9–7,2 параметры биологических свойств дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы варьируют в следующих пределах: $C_{\text{биомассы}}$ – 233–320 мг/г почвы, дегидрогеназной активности – 544–833 мг ТФФ/ кг почвы, уреазной активности – 186–272 мг $N-NH_4^+$ /кг почвы, инвертазной активности – 1245–1847 мг глюкозы/кг почвы, пероксидазной активности – 35,0–46,3 мг 1,4-бензохинона на 1 кг почвы, полифенолоксидазной активности – 39,7–43,7 мг 1,4-бензохинона на 1 кг почвы.

Установлено повышение урожайности сельскохозяйственных культур на 15,6–18,2 ц к.ед/га за счет повышения содержания обменного магния в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в диапазоне 71–181 мг Mg^{2+} на кг почвы. Дальнейшее повышение содержания Mg^{2+} до уровня 243 мг/кг почвы приводило к снижению урожайности культур на 5 %. При оптимальном уровне содержания обменного магния в почве 181 мг/кг эквивалентное соотношение катионов Ca^{2+}/Mg^{2+} составило 3,0.

Литература

1. *Кедров-Зихман, О. К.* Известкование почв подзолистой зоны / О. К. Кедров-Зихман. – М.: Сельхозгиз, 1948. – 32 с.
2. *Ковда, В. А.* Основы учения о почвах / В. А. Ковда. – М.: Наука, 1973. – Т. 1. – 447 с.
3. *Кулаковская, Т. Н.* Баланс кальция и магния в пахотных землях Белоруссии / Т. Н. Кулаковская, Л. П. Детковская // Химия в сельском хозяйстве. – 1972. – № 12. – С. 16–20.
4. *Барбер, С. А.* Биологическая доступность питательных веществ в почве. Механистический подход / С. А. Барбер; под ред. Э.А. Хавкина. – М.: Агропромиздат, 1988. – 376 с.
5. *Богдевич, И. М.* Магниеые удобрения на дерново-подзолистых почвах: анализ. обзор / И. М. Богдевич, О.В. Ломонос; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2009. – 39 с.
6. Магниеые удобрения в интенсивном земледелии: обзор. информ. / В. В. Прокошев [и др.] // ВНИИТЭИагропром. – М., 1987. – 51 с.
7. *Пуятин, Ю. В.* Влияние обеспеченности дерново-подзолистой супесчаной почвы кальцием и магнием на биологическую активность / Ю. В. Пуятин, Н. А. Михайловская, Г. В. Мороз // Почвенные исследования и применение удобрений. – Вып. 23. – Минск, 1995. – С. 239–248.
8. *Клебанович, Н. В.* Влияние известкования на микрофлору и микробиологические особенности дерново-подзолистых почв Белоруссии / Н. В. Клебанович, Г. В. Мороз // Почвоведение. – 1998. – № 1. – С. 74–77.
9. Методика почвенной и растительной диагностики магниевого питания кукурузы / И. М. Богдевич, О. М. Таврыкина, Ю. В. Пуятин, В. А. Довнар, Е. С. Третьяков, Г. И. Каленик, Д. В. Маркевич, П. С. Манько. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2014. – 28 с.
10. *Звягинцев, Д. Г.* Биология почв / Д. Г. Звягинцев, И. Л. Бабьева, Г. М. Зенова. – М.: МГУ, 2005. – 445 с.
11. *Александрова, Л. Н.* Органическое вещество почвы и процессы его трансформации / Л. Н. Александрова. – Л., 1980. – С. 122–133.
12. *Туев, Н. А.* Микробиологические процессы гумусообразования / Н. А. Туев. – М.: ВО Агропромиздат, 1989. – 237 с.
13. *Щербакова, Т. А.* Ферментативная активность почв и трансформация органического вещества / Т. А. Щербакова. – Минск: Наука и техника, 1983. – 221 с.
14. *Vance, E. D.* An extraction method for measuring soil microbial biomass C / E. D. Vance., P. C. Brookes., D. S. Jenkinson // Soil Biol. Biochem. – 1987. – Vol. 19, N 6. – P. 703–707.
15. *Хазиев, Ф. Х.* Методы почвенной энзимологии / Ф. Х. Хазиев – М.: Наука, 1990. – 189 с.
16. *Щербакова, Т. А.* К методике определения активности инвертазы и амилазы в почве / Т. А. Щербакова // Сборник докладов симпозиума по ферментам почвы. – Минск, 1968. – С. 453–455.
17. Почвы. Определение обменного Са и Mg методом ЦИНАО: ГОСТ 24687–85. – Введ. 1986–07–01. – М.: Изд-во стандартов, 1987. – 13 с.
18. Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь / под общ. ред. И. М. Богдевича. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2012. – 276 с.
19. Elucidation of the source and turnover of water soluble and microbial biomass carbon in agricultural soils / E. G. Gregorich [et al.] // Soil Biol. Biochem. – 2000. – Vol. 32. – P. 581–587.
20. *Ryan, M. C.* Combining ^{13}C natural abundance and fumigation extraction methods to investigate soil microbial biomass turnover / M. C. Ryan, R. Aravana // Soil Biol. Biochem. – 1994. – Vol. 26. – P. 1583–1585.
21. *Jenkinson, D. S.* Determination of microbial biomass carbon and nitrogen in soil / D. S. Jenkinson; J. R. Wilson (ed.) // Advances in Nitrogen Cycling in Agricultural Systems, CAB Wallingford. – 1988. – P. 368–386.
22. Soil organic matter and its inert and decomposable part in arable soils in the Czech Republic / J. Kubat [et al.] // Почвоведение и агрохимия. – 2006. – № 1(36). – С. 40–49.
23. *Cashida, L. E.* Microbial metabolic activity in soil as measured by dehydrogenase determinations / L. E. Cashida // Appl. Environ. Microbiol. – 1977. – Vol. 34. – P. 630–636.

24. Звягинцев, Д. Г. Биологическая активность почв и шкалы для оценки некоторых ее показателей / Д. Г. Звягинцев // Почвоведение. – 1978. – № 6. – С. 48–52.
25. Михайлоўская, Н. А. Уплыў сельскагаспадарчых культур і ўмоў увільгатнення на ферментатыўную актыўнасць дзярнова-падзолістай суглінкавай глебы / Н. А. Михайлоўская // Вес. Акад. навук БССР. Сер. с.-г. навук. – 1991. – № 3. – С. 91–94.
26. Bandick, A. K. Field management effects on soil enzyme activities / A. K. Bandick, R. P. Dick // Soil Biol. Biochem. – 1999. – Vol. 31. – P. 1471–1479.
27. Ceccanti, B. Fractionation of humus–urease complexes / B. Ceccanti [et al.] // Soil Biol. Biochem. – 1978. – Vol. 10. – P. 39–45.
28. Speir, T. W. Hydrolytic Enzyme Activities to Assess Soil Degradation and Recovery / T. W. Speir, D. J. Ross // Enzymes in the environments: activity, ecology and applications / R. G. Burns, R. P. Dick. – NY, 2002. – P. 407–431.
29. Martin, J. P. Comparison of the use of phenolase and peroxidase for the synthesis of model humic acid type polymers / J. P. Martin, K. A. Haider // Soil Sci. Soc. Amer. J. – 1980. – Vol. 44. – Is. 5. – P. 983–988.
30. Михайловская, Н. А. Взаимосвязь ферментативной активности с содержанием гумуса в дерново-подзолистой супесчаной почве / Н. А. Михайловская, О. Миканова // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2008. – № 4. – С. 57–61.
31. Kirk, T. K. Enzymatic “combustion”: the microbial degradation of lignin / T. K. Kirk, R. L. Ferrell // Annu. Rev. Microbiol. – 1987. – Vol. 41. – P. 465–505.
32. Михайловская, Н. А. Взаимосвязь активности оксидаз с содержанием разных фракций органического вещества в дерново-подзолистой супесчаной почве / Н. А. Михайловская, О. Миканова // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2011. – № 1. – С. 37–44.

N. A. MIKHAILOVSKAYA, O. M. TAVRYKINA, Yu. V. PUTYATIN, T. V. POGIRNITSKAYA

INFLUENCE OF THE SUPPLY OF LUVISOL SANDY LOAM SOIL WITH EXCHANGEABLE MAGNESIUM ON ITS BIOLOGICAL ACTIVITY AND THE YIELD OF CROPS

Summary

Microbiological and enzymatic research has been conducted in the field experiment modeling different supply of Luvisol sandy loam soil with exchangeable magnesium (71, 84, 137, 172, 181 and 243 mg/kg) and even exchangeable acidity. It's established that within the diapason of 70–170 Mg²⁺ content in soil and with NPK-fertilization it's observed the increase of soil microbial biomass, metabolic activity of microbial communities, intensity of the main microbiological processes which regulate soil fertility – ammonification, carbohydrates mineralization and plant residues humification. The rise of Mg²⁺ concentration up to 180 mg/kg results in the retarding of microbiological and enzymatic processes in soil. When the concentration of Mg²⁺ in soil is up to 243 mg/kg the depression of the mentioned processes is observed. The established dependences are confirmed by the data on the yields of maize and barley.

УДК 633.367:631.527(476)

Ф. И. ПРИВАЛОВ, В. Ч. ШОР

ПЕРСПЕКТИВЫ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ, СЕЛЕКЦИИ И СЕМЕНОВОДСТВА ЛЮПИНА В БЕЛАРУСИ

*Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию, Жодино, Беларусь,
e-mail: zbk-izis@yandex.ru*

(Поступила в редакцию 30.03.2015)

В настоящее время известны только две культуры с чрезвычайно высокой концентрацией белка в семенах – соя и люпин. Возделывание сои наиболее больше подходит для регионов с теплым, муссонным климатом (США, Приморский край РФ, Украина), в то время как на территории нашей республики только несколько небольших регионов благоприятны для возделывания сои. Именно поэтому в условиях республики в качестве оптимальной высокобелковой культуры следует рассматривать люпин.

Кормовой люпин является молодой культурой, созданной селекционерами во второй половине прошлого столетия. Первые сладкие формы, содержащие в семенах и зеленой массе следы алкалоидов, были созданы немецким исследователем R. Sengbusch в 1928–1929 гг. В дальнейшем на их аллельной основе во многих странах мира (Швеции, Дании, Польше, Италии, США, ЮАР, Австралии, России, Беларуси и др.) были созданы кормовые сорта этого вида люпина.

Все возделываемые виды люпина в семенах содержат 32–46 % высококачественного белка, в связи с чем они используются в качестве высокобелковой добавки в рационах всех видов сельскохозяйственных животных. Зеленая масса люпина содержит от 18 до 23 % белка в пересчете на сухое вещество и используется в кормлении животных в свежескошенном виде, а также для приготовления грубых и сочных кормов.

В настоящее время люпин рассматривается не только как источник сбалансированного, легко усвояемого и экологически чистого белка, но и как фактор биологизации земледелия, энерго- и ресурсосбережения. Возделывание люпина способствует сохранению естественного плодородия почвы, а в оптимальных условиях – и его расширенному воспроизводству. Эта культура является основным звеном в системе экологического земледелия, а также возделывается в качестве дешевого источника биотоплива.

Экономические преимущества возделывания люпина складываются из следующих составляющих.

1. Являясь высокоэффективным азотфиксатором и будучи в основном индифферентным к почвенному плодородию, люпин выступает в роли основной культуры в энергосберегающей системе земледелия, так как не только сохраняет и повышает плодородие почвы, но и способен давать дешевый высококачественный белок без внесения азотных удобрений даже на низкоплодородных почвах.

2. Эта культура практически не отзывается на фосфорные удобрения, так как благодаря специальным корневым выделениям разлагает находящиеся в почве труднорастворимые фосфаты до усвояемых фосфорных соединений и тем самым улучшает фосфорный режим почвы.

3. Корневая система люпина, проникая глубоко в почву (до 2 м), действует как глубинный насос, поднимая из-под пахотных слоев почвы промытые туда калий и другие макро- и микроэлементы и таким образом улучшает калийный режим почвы, выступает в роли биологического мелиоранта.

4. Люпин не только сам не нуждается в минеральных удобрениях, но и обеспечивает урожайность следующей за ним обычно зерновой культуры. На полях, где предшественником был

люпин, урожайность зерновых значительно выше, поскольку он оставляет после себя в почве большое количество биологически накопленного азота.

5. Люпин, развивая мощную, разветвленную, глубоко проникающую в почву корневую систему, разрыхляет и дренирует ее, а после отмирания корней оставляет в почве множество макропор, значительно улучшая ее водно-физические свойства. Биомасса люпина повышает биологическую активность почвы, в результате чего возрастает разнообразие почвенной микрофлоры, повышается антифитопатогенный потенциал почвы, уменьшается численность грибной антагонистической микрофлоры, снижается поражение зерновых культур корневыми гнилями, в том числе и снежной плесенью озимых культур. Возделывание люпина способствует самоочищению и детоксикации природных экосистем.

Зеленая масса этой культуры хорошо поедается всеми видами животных: в свежем виде, в виде силоса, зерносенажа, травяной муки, гранул или брикетов. Единственным сдерживающим фактором при использовании люпина в рационе кормления животных является содержание в нем алкалоидов, которые могут оказывать токсическое действие. Однако все современные рекомендуемые для выращивания сорта являются малоалкалоидными, что позволяет использовать люпиновые корма в количествах, которые способны без опасения сбалансировать белковую питательность рациона.

Разные виды и сорта люпина можно выращивать даже в достаточно суровых климатических условиях и на малоплодородных почвах, где люпин по урожайности и сбору белка обычно превосходит сою и другие зернобобовые культуры. Эти преимущества люпина прежде всего связаны с такими его биологическими особенностями, как способность развивать на малоплодородных почвах мощную корневую систему, усваивать труднорастворимые фосфаты почвы и в достаточных количествах фиксировать азот воздуха в симбиозе с клубеньковыми бактериями.

В последние годы в республике люпиновое поле представлено в основном люпином узколистным, хотя проводятся селекционные и семеноводческие мероприятия по возвращению на поля люпина желтого. Основные особенности люпина желтого и люпина узколистного представлены на рисунке.

Люпин желтый (*Lupinus luteus* L.) – это культура бедных песчаных почв, где он по сравнению с другими видами бобовых дает более высокие урожаи, накапливая 42 ± 2 % белка в семенах и 20 % в сухом веществе зеленой массы. Желтый люпин в 60–70-е годы прошлого столетия широко возделывался в разных странах мира (США, Чили, ЮАР, Испании, Германии, Польше, России, Украине, Беларуси и др.). В указанный период в Беларуси люпин желтый занимал господствующее положение среди однолетних кормовых бобовых культур. В этот период его посевные площади составляли в среднем 200 тыс. га на семена и 400–600 тыс. га в чистом виде и в смесях на зеленую массу. Урожайность зеленой массы этой культуры достигала 80,0 т/га, семян – 2,0 т/га.

Однако эпифитотии антракноза (1997–2000 гг.), вызванные американскими разновидностями патогена (*Colletotrichum lupini* var. *lupini* (VCG 1) и var. *setosum* (VCG 2), сократили возделывание желтого люпина во всех люпиносеющих странах, в том числе и в Беларуси. В 2009 г. желтый люпин в ре-

ЛЮПИН ЖЕЛТЫЙ	ЛЮПИН УЗКОЛИСТНЫЙ
Наибольшая адаптация к бедным песчаным почвам	Предпочитает связанные окультуренные почвы
Толерантен к повышенной кислотности почвы (рН 4,5–5,5)	Предпочитает почвы с рН 5,5–6,5
Длительный период сохранения высокого качества зеленой массы (до конца фазы блестящего боба)	Короткий период сохранения высокого качества зеленой массы (до середины фазы сизого боба)
Высокая поедаемость свежей и силосной массы всеми видами сельскохозяйственных животных	Средняя поедаемость свежей и силосной зеленой массы всеми видами сельскохозяйственных животных
Содержание белка в сухом веществе зеленой массы – 20–22 %, в семенах – 40–43 %	Содержание белка в сухом веществе зеленой массы – 20–22 %, в семенах – 30–33 %
Содержание лизина, % к белку – 4,5	Содержание лизина, % к белку – 4,5
Содержание метионина + цистина, % к белку – 1,8	Содержание метионина + цистина, % к белку – 1,5

Биологические особенности культивируемых видов люпина

спублике высевался всего лишь на площади 170 га, а люпин узколистный – на 47,9 тыс. га. Следует особо отметить, что местная европейская разновидность возбудителя антракноза (VCG 3) экономического ущерба средиземноморским видам люпина (желтому, белому, узколистному) не принесла.

Посевные площади люпина. В настоящее время люпин возделывается во многих странах мира. Лидирующее положение по посевным площадям занимает Австралия (табл. 1). Урожайность семян люпина в разных странах по годам колеблется от 6,5 до 26,9 ц/га.

Необходимо подчеркнуть, что в Беларуси в период 2007–2010 гг. посевные площади под кормовым люпином колебались в пределах 32–40 тыс. га, в 2011–2014 гг. они снизились до уровня 14,0–20,0 тыс. га. Средняя урожайность в сельскохозяйственных предприятиях варьировала от 15,3 ц/га в 2010 г., до 25,4 ц/га в 2014 г.

Таблица 1. Уборочные площади и урожайность люпина в мире, 2009–2013 гг.

Страна	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.
<i>Посевные площади, тыс. га</i>					
Австралия	483,0	592,0	756,0	689,0	450,2
Германия	19,3	24,1	21,5	17,9	17,4
Франция	3,2	6,5	3,5	2,6	3,0
Польша	35,7	19,5	52,5	49,2	64,3
Украина	16,7	42,1	26,6	24,0	13,3
Россия	7,5	9,8	13,5	17,8	27,0
Литва	10,4	9,4	6,0	5,1	4,4
Беларусь	39,3	25,7	17,7	20,7	14,3
<i>Урожайность, ц/га</i>					
Австралия	12,7	10,6	10,7	14,2	10,1
Германия	25,8	26,9	12,9	17,6	17,9
Франция	25,6	25,0	21,5	24,3	24,9
Польша	15,9	13,3	15,0	15,8	15,9
Украина	16,0	14,3	14,6	15,7	22,6
Россия	12,4	9,9	15,6	14,8	14,2
Литва	10,2	6,5	10,8	10,0	8,6
Беларусь	18,7	15,3	17,6	20,5	20,2

По расчетам, проведенным РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию», оптимальные посевные площади люпина в Республике Беларусь в 2015 г. должны составить 101 тыс. га при общей потребности в зернобобовых культурах 350 тыс. га. По областям их следует распределить следующим образом: Брестская – 15 тыс. га, Витебская – 10, Гомельская – 12, Гродненская – 22, Минская – 25 и Могилевская – 17 тыс. га.

Зернобобовые культуры в общей структуре посевных площадей хозяйств должны составлять 6–8 % (в том числе люпина 2–3 %), или 16–18 % от площади зерновых (в том числе люпина 5,6–6,2 %).

Перспективы возделывания люпина. Возделывание люпина в сельскохозяйственных предприятиях республики определяется необходимостью балансирования по белку концентрированных кормов, что в конечном итоге позволит сократить импорт дорогостоящего высокобелкового сырья, ежегодная потребность которого для республики составляет 600–650 тыс. т. Например, цена соевого шрота за последние годы составляла в среднем около 500 долларов США за тонну, а 1 т фуражных семян люпина – 140–160 долларов США.

Зерно люпина по своей питательности равноценно дорогостоящему соевому и подсолнечному шротам и может их заменить в рационах КРС, свиней и птицы (табл. 2). При этом белок люпина отличается высоким качеством, переваримостью и из-за низкого содержания ингибиторов трипсина может использоваться на корм любым видам животных без предварительной термообработки, которую обязательно необходимо применять при использовании на корм зерна сои. Так, 1 кг семян люпина заменяет 0,72 кг соевого шрота + 0,28 кг пшеницы, при этом учитывается лишь протеиновый баланс, но семена люпина кроме белка (32–34 %) содержат 4–5 %

Таблица 2. Показатели кормовой ценности люпина и соевого шрота для жвачных животных, на 1 кг корма

Показатель	Люпин узколистный	Соевый шрот
Сухое вещество, г	880	880
Сырой протеин, г	293	449
Сырой жир, г	50	13
Сырая клетчатка, г	143	59
Нерасщепляемый сырой протеин, %	20	20
Полезный сырой протеин, г	187	258
Жвачный азотный баланс, г	17	31
Преобразуемая энергия, МДж	12,49	12,10
Чистая лактационная энергия, МДж	7,84	7,59
Коэффициент переваримости органической субстанции, %	90	91
Коэффициент переваримости сырой клетчатки, %	94	82
Крахмал, г	89	61
Сахар, г	48	95
Устойчивый крахмал, г	9	6

жира, что определяет их высокую энергетическую кормовую ценность: в 1 кг семян люпина содержание протеина в 3 раза больше, чем в зерне злаковых культур, и в 1,5 раза больше, чем в семенах гороха. Таким образом, фуражные семена кормового люпина не только значительно дешевле соевого шрота, но и по показателям качества не уступают последнему.

Зеленая масса люпина также богата переваримым протеином (в 1 к. ед. – 190–220 г переваримого протеина), что на 60–80 % выше зоотехнической нормы, в то время как зеленая масса овса и кукурузы в фазе молочно-восковой спелости обеспечена переваримым протеином всего лишь на 60–83 %. При урожайности зеленой массы люпина 700 ц/га обеспечивается сбор сухого вещества свыше 10 т, в котором содержится более 2 т высококачественного кормового белка. Необходимо подчеркнуть, что 300 ц зеленой массы люпина по сбору переваримого протеина приравнивается к 700 ц зеленой массы кукурузы или 90 ц зерна ячменя.

Использование семян люпина в качестве белковой добавки весьма эффективно в кормлении разных видов сельскохозяйственных животных и птицы. Белок люпина относится к лучшим растительным белкам, так как состоит из легкоусвояемых фракций (альбуминов и глобулинов), что определяет его высокую сбалансированность по аминокислотному составу и биохимическую переваримость на уровне 87–94 %. Кроме того, семена кормового люпина в отличие от других бобовых культур (сои, бобов, вики яровой, гороха) не содержат вовсе или содержат только следы антипитательных веществ (ингибиторы пищеварительных ферментов и др.), что дает возможность скармливать их животным без дорогостоящей термической обработки, разрушающих их.

Рекомендуемое содержание люпина в рационах разных видов сельскохозяйственных животных и птицы:

поросята (отъемыши) – <5 %; свиньи на начальном этапе откорма (30–60 кг живого веса) – 10–15 %, на заключительном (60–100 кг живого веса) – 15–20 %; свиноматки – 20–25; бройлеры на откорме – 15–20; куры-несушки – 15–20 %;

дойные коровы – 20 %, телята до 4 мес. – 10–20, молодняк с 4-го месяца – 10, быки на откорме – 30, овцы-кормилицы/дойные – 20–30, ягнята на откорме – 30 %.

Возделывание люпина экономически выгодно уже при урожайности 15–18 ц/га (рентабельность 10–15 %). В республике за период 2003–2014 гг. средняя урожайность составила 19 ц/га. Кроме того, 1 га люпина при указанной урожайности фиксирует из воздуха около 180 кг азота и переводит в доступные формы 30–40 кг фосфора. Производство 1 ц белка люпина по затратам энергии в 1,5–2,0 раза дешевле, чем других зернобобовых культур, и в 3,5–4,0 раза дешевле по сравнению со злаковыми зернофуражными культурами.

Таблица 3. Максимальная урожайность сортов люпина селекции РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» в хозяйствах Беларуси

Сорт	Год	Площадь, га	Урожайность, т/га	Сельскохозяйственное предприятие
Миртан	2004	22,5	5,4	СПК «Скидельский» Гродненского района
	2007	14,0	4,64	СПК «Городея» Несвижского района
	2008	15,0	4,31	СПК «Скидельский» Гродненского района
	2009	30,0	3,90	
	2009	7,5	3,11	СПК «Достоево» Ивановского района
Першацвет	2004	33,1	5,82	СПК «Скидельский» Гродненского района
	2007	6,0	4,86	СПК «Городея» Несвижского района
	2008	26,0	4,84	СПК «Скидельский» Гродненского района
	2009	22,0	4,40	
	2008	30,0	4,30	СПК «Достоево» Ивановского района
Хвалько	2007	11,0	3,63	СПК «Фалько-2003» Дзержинского района
Прывабны	2008	17,0	3,64	СПК «Достоево» Ивановского района
	2009	11,0	3,66	
Вясковы	2008	1,0	4,75	РУСП «Экспериментальная база «Октябрь» Вороновского района

Многолетняя практика люпиносеяния в республике в период 1988–2012 гг. подтвердила возможность успешного возделывания сортов современного люпина (Данко, Митан, Першацвет, Миртан, Ашчадны, Хвалько, Михал и др.) во всех почвенно-климатических регионах Беларуси. В ряде хозяйств, при соблюдении всех требований технологических рекомендаций, получают фактически потенциальную урожайность этой культуры (табл. 3).

В системе Государственного сортоиспытания (ГСИ), где соблюдаются основные требования технологических регламентов, средняя урожайность семян стандартного сорта зернового направления Першацвет в обычные годы составила 31,5 ц/га, а в эпифитотийный по антракнозу год (2009–2010 гг.) – 28,9 ц/га, что на 8,3% ниже, а стандартного сорта универсального использования Миртан – 29,5 и 25,5 ц/га соответственно (т.е. на 23,2 % меньше).

В условиях сельскохозяйственного производства средняя урожайность семян кормового люпина узколистного в обычные годы составила 17,5 ц/га, а в эпифитотийные – 16,8 ц/га, что ниже на 8,3 %. Таким образом, эпифитотии антракноза приводят к снижению урожайности семян люпина как в системе ГСИ (на 8,3–23,2 %), так и в сельхозпредприятиях (на 8,3 %), что указывает на необходимость принятия жестких мер (агротехнических, защитных, организационно-упреждающих и др.).

Необходимо отметить, что в системе Государственного сортоиспытания урожайность семян стандартных сортов в отдельные годы так же, как в сельхозпредприятиях, приближается к потенциальной. Так, например, на Лунинецком ГСУ в 2004 г. урожайность семян сорта Першацвет составила 51,9 ц/га, а сорта Миртан – 58,0 ц/га при их средней урожайности во всей системе ГСИ в том же году 40,5 и 44,2 ц/га соответственно.

Однако следует отметить, что средняя урожайность семян кормового люпина в сельскохозяйственном производстве как в обычные, так и в эпифитотийные годы была в 1,7–1,8 раза ниже таковой в системе ГСИ. Так, в системе ГСИ потенциал урожайности сортов этой культуры (60,0 ц/га) реализуется в среднем на 50%, а в сельхозпредприятиях всего лишь на 28 %.

Перспективы селекции люпина. В РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» разработана программа селекции антракнозоустойчивых сортов люпина узколистного, в основе которой лежит целенаправленное объединение с помощью рекомбинаций в одном генотипе неаллельных доминантных генов устойчивости к антракнозу (Rcl1-Rcl4), выделение с помощью системы визуальных маркеров и специальных инфекционных фонов в условиях теплицы и поля устойчивых к болезни растений.

Реализация программы уже позволила создать серию в разной степени устойчивых к антракнозу образцов, а также вывести высокоустойчивый к антракнозу зерновой сорт кормового люпи-

на узколистного Талант, который с 2014 г. внесен в Государственный реестр. В ближайшие годы готовятся к передаче устойчивые к данной болезни сорта люпина универсального и зеленоукосного направления использования.

В настоящее время впервые в республике в РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» собран богатый генофонд люпина желтого пурпурнолистного (*Subvar. Purpureus*), на базе которого развернуты селекционные работы по выведению принципиально новых сортов, толерантных к американским возбудителям антракноза.

Создан и проходит Государственное сортоиспытание сорт люпина желтого Владко. Сорт характеризуется толерантностью к антракнозу, зернового направления использования, относится к принципиально новой подразновидности *subvar purpureus*. Имеет белые семена шаровидной формы, желтые цветки и пурпурную (насыщенно антоциановую) окраску семядолей, стебля и листьев. Сорт Владко обладает средним темпом начального роста и нормальным симподиальным ветвлением. Масса 1000 семян – 115–125 г, содержание белка в семенах – 39–41 %. Сорт раннеспелый, период вегетации – 97–105 сут.

Семеноводство. В посевах люпина узколистного в республике 100 % занимают отечественные сорта. В соответствии со схемой семеноводства зернобобовых культур и запланированным выходом на оптимальную площадь в 101 тыс. га и потребностью в элитных семенах в количестве 875 т при соблюдении всех звеньев семеноводства, ежегодная потребность в оригинальных семенах составляет 7,0 т. Общая же потребность для республики в кондиционных семенах для посева на указанной площади составляет 20,2 тыс. т. (табл. 4).

Таблица 4. Потребность для республики в оригинальных семенах люпина

Область	Посевная площадь, тыс. га	Потребность в семенах, тыс. т	Область	Посевная площадь, тыс. га	Потребность в семенах, тыс. т
Брестская	15,0	3,0	Минская	25,0	5,0
Витебская	10,0	2,0	Могилёвская	17,0	3,4
Гомельская	12,0	2,4	Республика Беларусь	101,0	20,2
Гродненская	22,0	4,4			

Сорта люпина, занесенные в Государственный реестр, подразделяются на три группы:

- *зернового направления* (используются только на зерно); отличаются ультрараннеспелостью (Першацвет, Ян, Жодзінскі), раннеспелостью (Васілёк);
- *универсального направления* (используются как на зерно, так и зеленую массу); характеризуются среднеспелостью (Миртан, Михал, Хвалько);
- *зеленоукосного направления* (используются преимущественно на зеленую массу); отличаются позднеспелостью (Гуливер, Геркулес, Кармавы).

По устойчивости к антракнозу все сорта подразделяются на толерантные к антракнозу – Першацвет, Миртан, Хвалько, Михал и среднетолерантные – Митан, Ян, Жодзінскі, Васілёк, Кармавы.

Тем не менее, успешной реализации потенциала современных сортов кормового люпина в условиях сельскохозяйственного производства республики препятствует ряд факторов. Опираясь на многолетний (более 50 лет) опыт работы сотрудников РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» с культурой люпина, а также учитывая мнения исследователей и специалистов ряда сельхозпредприятий, можно заключить, что основными негативными факторами, препятствующими эффективному возделыванию люпина в Беларуси, являются следующие:

1) плановые прогнозные показатели. Урожайность люпина, как и других зернобобовых культур в целом ниже урожайности зерновых культур и при возделывании приводит к снижению валовых показателей в хозяйствах;

2) слабая технологическая дисциплина возделывания зернобобовых культур в хозяйствах. Посевы люпина представляют собой согласованно работающую симбиотическую систему, состоящую из растений (макробионта) и азотфиксирующих бактерий (микробионта), в связи с чем они требуют строжайшего выдерживания положений регламента возделывания;

3) нежелание комбикормовых заводов включать в производство комбикормов люпин, даже при наличии технических возможностей. Помол люпинового зерна значительно сложнее, чем гороха в связи с большим содержанием жира. В семенах люпина, в отличие от других бобовых культур (гороха, вики яровой), содержится до 8 % жира, который при размоле приводит к замясливанию сит, что вызывает необходимость дополнительного контроля.

Следует учитывать также и то, что растения посевов современных сортов люпина узколистного имеют интенсивный обмен веществ, который требует своевременной и достаточной обеспеченности симбиотической системы всеми элементами питания, включая микроэлементы. Своевременное и полноценное питание посевов люпина активизирует синтетические и ростовые процессы, повышает устойчивость растений к неблагоприятным факторам среды и тем самым формирует высокую урожайность.

Таким образом, агрономическим службам и специалистам в хозяйствах республики следует максимально возможно использовать потенциал люпина в севооборотах. Это позволит в ближайшие годы приостановить деградацию почвенного плодородия, решить проблему кормового растительного белка, улучшить качество и снизить себестоимость животноводческой продукции, повысить рентабельность сельскохозяйственного производства.

Ph. PRIVALOV, V. SHOR

PROSPECTS OF CULTIVATION, BREEDING AND SEED GROWING OF LUPINE IN BELARUS

Summary

The advantages of lupine cultivation and its use in the republic's conditions are considered in the article. The prospects of cultivation, breeding and seed growing are presented. It is shown that the maximum use of lupine in crop rotation allows stopping soil fertility degradation, solving the problem of protein, improving the quality and prime cost of animal products, and increasing the profitability of agricultural production.

УДК 633.112.9«324»: [631.524.86:632.4]

Т. В. ДОЛМАТОВИЧ¹, А. А. БУЛОЙЧИК¹, В. С. БОРЗЯК¹, С. И. ГРИБ², В. Н. БУШТЕВИЧ²

**МАРКИРОВАНИЕ ГЕНОВ УСТОЙЧИВОСТИ К БУРОЙ РЖАВЧИНЕ
И ИХ ЭКСПРЕССИЯ НА РАЗНЫХ СТАДИЯХ ОНТОГЕНЕЗА
У СОРТОВ И ПЕРСПЕКТИВНЫХ ОБРАЗЦОВ ОЗИМОГО ТРИТИКАЛЕ**

¹Институт генетики и цитологии НАН Беларуси, Минск, Беларусь

²Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию, Жодино, Беларусь,
e-mail: izis@tut.by

(Поступила в редакцию 17.03.2015)

Введение. Тритикале – одна из основных зернофуражных культур Республики Беларусь, валовой сбор зерна которой ежегодно составляет 18–20 % [1]. Потери урожая зерна тритикале от вредных организмов могут составлять 20–30 % [2].

Использование генетически устойчивых сортов является наиболее эффективным, экономически и экологически надежным методом контроля болезней, позволяющим снизить или элиминировать применение фунгицидов и свести к минимуму потери урожая от ржавчины. Для получения высоких и стабильных урожаев тритикале требуется совершенствовать технологии возделывания, основанные на современных способах защиты культуры от болезней. Для того чтобы с большей надежностью контролировать болезнестойчивость, очень важно иметь в распоряжении молекулярно-генетические маркеры, сопряженные с этим признаком.

В настоящее время молекулярно-генетическое маркирование является одним из приоритетных направлений развития прикладной генетической науки в мире и эффективным способом повышения разрешающей способности отбора и сокращения сроков и трудозатратности селекционного процесса.

Тритикале – это пшенично-ржаной гибрид, поэтому информация о маркерах, расположенных в А и В геномах пшеницы и R геноме ржи, может быть с успехом использована для анализа генома тритикале на наличие генов устойчивости к бурой ржавчине [3]. Согласно Каталогу генных символов [4], у пшеницы идентифицировано 78 генов устойчивости к бурой ржавчине, из которых 67 присвоен соответствующий Lr-символ. К настоящему времени различные типы ДНК-маркеров разработаны более чем для 30 генов устойчивости пшеницы к бурой ржавчине [4]. Конечно, предпочтение для MAS-селекции отдается ген-специфическим маркерам, но учитывая то небольшое число клонированных генов (*Lr1*, *Lr10*, *Lr21*, *Lr34*), для потребностей селекции, в большинстве случаев, используются диагностические маркеры, сцепленные с генами устойчивости. В Каталог генных символов ржи [5] включено 9 генов устойчивости к бурой ржавчине.

Цель работы – разработать и внедрить в селекционную практику технологию маркер-сопутствующей селекции для ускоренного создания селекционно ценных форм и сортов тритикале, устойчивых к бурой ржавчине.

Материалы и методы исследования. Изучали 25 сортов озимого тритикале, районированных в Республике Беларусь, и 24 сортообразца конкурсного сортоиспытания РУП «Научно-практический центр по земледелию НАН Беларуси».

Лабораторную оценку устойчивости 49 сортообразцов озимого тритикале к клонам возбудителя бурой ржавчины проводили на стадии проростка. В качестве инокулюма использовали 7 патотипов возбудителя бурой ржавчины, наиболее распространенных на территории Республики Беларусь. Клоны патогена различались по вирулентности к изогенным линиям пшеницы сорта Thatcher и сортам, несущим известные гены устойчивости (табл. 1).

Работу проводили, используя модифицированную методику Михайловой и Квитко [6]. Первый лист 9-дневных проростков разрезали на отрезки длиной 2 см и размещали полосами в кюветах размером 18×24 см на среду 0,6%-ного агар-агара с добавлением 40 мг бензимидазола на 1 л воды. Отрезки проростков заражали водной суспензией уредоспор индивидуальных клонов с помощью пульверизатора. Затем кюветы вкладывали в полиэтиленовые пакеты, выдерживали сутки на рассеянном свете и помещали в камеру с регулируемым режимом (температура – 20 °С, освещенность – 6 тыс. люкс, фотопериод – 16 ч). Спустя 8 суток после инокуляции определяли тип реакции на исследуемых образцах по шкале Mains, Jackson [7]. Сортообразцы с типом реакции к болезни 0, 1, 2 считали устойчивыми, а с типом 3 и 4 – восприимчивыми. Повторность опыта – трехкратная, выборка – не менее 100 растений.

Работу по оценке полевой резистентности к бурой ржавчине селекционных посевов озимого тритикале проводили на опытном поле производственного участка «Перемежное» РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». Каждый образец был представлен деланкой длиной 10 м² в четырех повторностях. Оценку проводили по проценту развития болезни на флаг-листе (фаза «молочно-восковая спелость») по шкале Гешеле [8].

Таблица 1. Характеристика по генам вирулентности у клонов возбудителя бурой ржавчины, использованным для лабораторной оценки устойчивости пшеницы

Шифр клона	Ген устойчивости у изогенной линии, сорта мягкой пшеницы														
	<i>Lr1</i>	<i>Lr2a</i>	<i>Lr2b</i>	<i>Lr2c</i>	<i>Lr3a</i>	<i>Lr3b</i>	<i>Lr15</i>	<i>Lr17b</i>	<i>Lr19</i>	<i>Lr24</i>	<i>Lr26</i>	<i>Lr31+Lr27</i>	<i>LrEch</i>	<i>Lr39</i>	<i>Lr42</i>
1	–	–	–	–	+	+	+	+	–	+	+	+	+	+	–
2	+	+	+	+	+	+	+	+	–	–	+	+	+	–	–
5	–	–	+	+	+	+	–	+	–	+	+	+	+	+	–
6	–	–	+	+	+	–	–	–	–	–	+	+	–	–	–
20	+	–	–	–	+	+	+	–	–	–	+	–	–	+	+
39	+	+	+	+	+	+	–	–	–	–	–	+	–	+	–
43	–	+	+	+	–	–	+	+	–	+	+	+	+	+	+

ДНК выделяли из 10 индивидуальных проростков для каждого сортообразца по методу Plaschke и др. [9]. Концентрацию измеряли на спектрофотометре Ultraspec 3300pro (Amersham). Маркеры к генам устойчивости отбирали из литературных данных [10]. Положительным контролем служили изогенные линии пшеницы и сорта, содержащие исследуемый ген. Анализ полученных фрагментов амплификации проводили в 1,5%-ном агарозном геле. В качестве маркера молекулярного веса использовали GeneRuler™ 100bp DNA Ladder Plus (Thermo Scientific).

Результаты и их обсуждение. Тестирование 49 форм озимого гексаплоидного тритикале на присутствие генов устойчивости к бурой ржавчине пшеницы проводили с помощью 18 маркеров к 15 генам устойчивости пшеницы: *Lr1*; *Lr9*; *Lr10*, *Lr12*; *Lr19*; *Lr20*; *Lr21*; *Lr24*; *Lr25*; *Lr26*, *Lr28*; *Lr34*; *Lr37*; *Lr42* и *Lr47* (табл. 2, 3). В результате проведенного анализа в сортообразцах озимого тритикале выявлен только ген устойчивости *Lr26*.

Ген устойчивости *Lr26* передан в сорта пшеницы с высоким потенциалом продуктивности: Аврора, Кавказ, Безостая 2, Предгорная 2 в результате транслокации 1BL/1RS от сорта ржи Petkus. Короткое плечо хромосомы 1 ржи содержит гены *Lr26*, *Sr31*, *Yr9* и *Pm8*, ответственные за устойчивость к бурой ржавчине (*Puccinia triticina*), стеблевой (*P. graminis* f. sp. *tritici*) и желтой ржавчине (*P. striiformis* f. sp. *tritici*), а также мучнистой росе (*Blumeria graminis* DC) соответственно. В результате серии скрещиваний данные гены в составе транслокации 1RS.1BL (Petkus), 1RS.1AL (Insave), 1RS.1BL и 1RS.1DL (Imperial) переданы в сорта и линии пшеницы *Triticum aestivum*. Вместе с тем у ряда сортов мягкой пшеницы, несущих транслокацию 1RS.1BL, экспрессия гена *Pm8* подавлена. Сорта с транслокацией 1RS.1BL длительное время были защищены и от стеблевой ржавчины функционированием гена *Sr31*, но с 1999 г. появились сообщения, что такие сорта стали поражаться новой агрессивной расой стеблевой ржавчины Ug99 [11].

Успешному использованию транслокации 1RS.1BL в коммерческих сортах способствовал длительный селекционный процесс. Первоначально сорта пшеницы, несущие *Sec-1* локус, уступали другим по хлебопекарным свойствам из-за присутствия секалинов ржи и замещения глютеинов *Glu-3* и глиадинов *GH-1*. В дальнейшем эта проблема была устранена, что расширило возможности использования данной транслокации в селекции пшеницы.

Таблица 2. ПЦР-детекция локусов, сцепленных с генами устойчивости к бурой ржавчине, в сортообразцах озимого тритикале, районированных в Республике Беларусь, и их фитопатологическая оценка на стадии проростков и молочно-восковой спелости

Сорт	Степень поражения флаг-листа, %	Наличие/отсутствие (+/-) локуса, сцепленного с маркером		Тип устойчивости при заражении клоном бурой ржавчины						
		lag95 (<i>Lr26</i>)	P6M12 (<i>Lr26</i>)	39	43	1	2	6	5	20
Динамо	5	–	–	4	4	4	4	3	4	4
Импульс	5	–	–	0	4	0	0	0	3	0
Гренадо	0–1	–	+	3	4	0	0	0	4	0
Антось	1	+	–	0	3	0	3	0	4	0
Лето	5–10	–	–	4	4	0	4	0	3	3
Благо	5–10	+	–	4	4	0	0	0	4	0
Прометей	10–20	–	–	0	4	0	0	0	4	0
Эра	10	–	–	0	4	0	0	0	4	0
Жыцень	40	–	–	1	4	0	0	0	3	0
Михась	10–20	+	–	0	3	4	3	4	4	0
Кастусь	40	–	–	4	4	4	4	4	4	3
Амулет	20–30	–	–	1	4	3	4	0	4	0
Руно	5–10	–	–	1	4	4	3	0	4	3
Алико	1–5	+	–	0	4	0	0	0	4	0
Динаро	0	–	+	4	3	0	0	0	4	0
Бальтико	40–50	+	–	0	4	0	0	0	4	0
Паво	1–5	+	–	0	4	0	0	0	3	0
Янко	10–20	–	–	0	4	0	0	0	4	0
Модерато	0	+	+	4	3	0	0	0	4	0
Витон	20	–	–	1	4	0	4	0	4	3
Папсуевская	0–1	–	+	3	4	0	0	0	4	0
Атлет	1	–	–	1	4	0	0	0	4	0
Жемчуг	1–5	–	+	1	3	0	0	0	4	0
Юбилей	5	–	+	0	4	0	0	0	3	0
Ковчег	10	–	+	0	4	4	4	3	4	4

Примечание. Локусов, сцепленных с генами *Lr1*; *Lr9*; *Lr10*, *Lr12*; *Lr19*; *Lr20*; *Lr21*; *Lr24*; *Lr25*; *Lr28*; *Lr34*; *Lr37*; *Lr42*; *Lr47*, не обнаружено. То же для табл. 3.

Таблица 3. ПЦР-детекция локусов, сцепленных с генами устойчивости к бурой ржавчине, в сортообразцах озимого тритикале конкурсного сортоиспытания и их фитопатологическая оценка на стадии проростков и молочно-восковой спелости

Шифр образца	Степень поражения флаг-листа, %	Наличие/отсутствие (+/-) локуса, сцепленного с маркером		Тип устойчивости при заражении клоном бурой ржавчины						
		lag95 (<i>Lr26</i>)	P6M12 (<i>Lr26</i>)	39	43	1	2	6	5	20
6/14	5–10	–	–	0	4	0	0	0	4	0
8/14	10	–	–	0	4	0	0	0	4	0
10/14	0	+	–	0	0	0	0	0	3	0
13/14	5–10	+	+	0	4	0	0	0	4	0
16/14	10	–	+	0	3	0	0	0	4	0
23/14	25	+	+	0	4	0	0	0	1	0
24/14	5–10	+	+	0	4	0	0	0	4	0
26/14	25	–	+	4	4	0	3	0	4	4
29/14	5–10	–	+	4	4	0	0	0	3	0
62/14	25	–	+	3	4	0	0	0	4	0
68/14	10	–	+	0	4	0	0	0	4	0
72/14	10	–	–	4	3	0	0	0	4	0
77/14	25	+	+	0	4	0	0	0	3	0
79/14	0	–	+	0	0	0	0	0	4	0
80/14	25	–	–	3	0	0	0	0	4	0
81/14	25	+	+	0	3	0	0	0	0	0

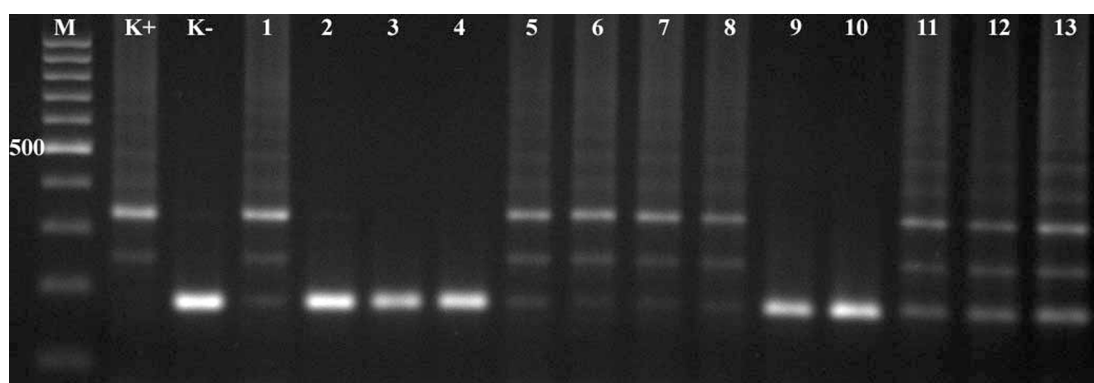
Шифр образца	Степень поражения флаг-листа, %	Наличие/отсутствие (+/-) локуса, сцепленного с маркером		Тип устойчивости при заражении клоном бурой ржавчины							
		Iag95 (<i>Lr26</i>)	P6M12 (<i>Lr26</i>)	39	43	1	2	6	5	20	
102/14	0	–	+	0	4	0	0	0	4	0	
103/14	0	–	+	0	0	0	0	0	4	0	
108/14	0	–	–	3	4	4	3	4	4	3	
109/14	0	–	–	4	4	4	4	3	3	4	
114/14	0	–	–	0	0	0	0	0	1	0	
115/14	0	–	–	0	0	0	0	0	0	0	
116/14	0	–	–	4	4	0	0	0	1	0	

Для идентификации гена устойчивости *Lr26* в селекционном материале нами использованы маркеры Iag95 [12] и P6M12-*P* [13]. Транслокация 1BL/1RS с геном устойчивости *Lr26* фланкирована маркером Iag95 с дистальной стороны длинного плеча хромосомы 1BL, а маркером P6M12-*P* – с проксимальной. Маркер Iag95 описан как кодоминантный, т.е. в реакции амплификации присутствуют фрагменты и доминантного, и рецессивного аллеля, в то время как при анализе образцов с помощью маркера P6M12-*P* амплифицируется только фрагмент доминантного аллеля.

При анализе сортов озимого гексаплоидного тритикале с помощью маркера P6M12-*P* фрагменты амплификации 260 и 360 п.н., сцепленные с геном *Lr26*, выявлены у следующих сортов: Гренадо, Динаро, Модерато, Папсуевская, Жемчуг, Юбилей и Ковчег. Анализ набора тритикале конкурсного сортоиспытания с данным маркером показал, что эти фрагменты амплификации присутствуют у следующих образцов: 13/14, 16/14, 23/14, 24/14, 26/14, 29/14, 62/14, 68/14, 77/14, 79/14, 80/14, 81/14, 85/14, 102/14 и 103/14 (см. табл. 2, 3; рис. 1).

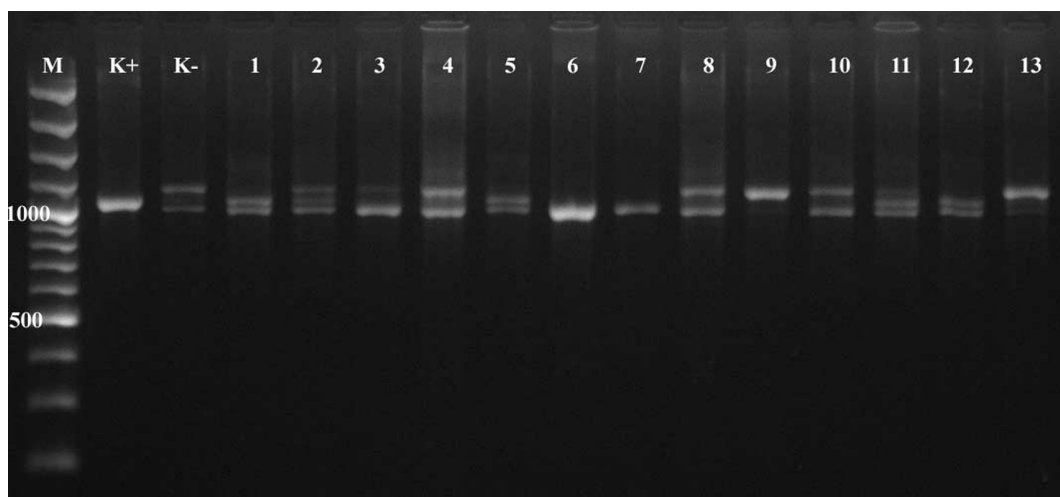
Анализ образцов тритикале с помощью маркера Iag95, расположенного дистально от транслокации 1BL/1RS, с генами устойчивости *Lr26/Yr9/Sr31* выявил присутствие фрагмента амплификации 1050 п.н. у сортов: Антось, Благо, Михась, Алико, Бальтико, Паво, Модерато, и образцов: 10/14, 13/14, 23/14, 24/14, 77/14, 81/14 (см. табл. 2, 3; рис. 2).

В результате у сорта Модерато и образцов 13/14, 23/14, 24/14, 77/14, 81/14 идентифицировались фрагменты амплификации 260 и 360 п.н. (P6M12-*P*) и 1050 п.н. (Iag95), что указывает на присутствие транслокации 1RS.1BL с генами устойчивости *Lr26/Yr9/Sr31*. У сортов тритикале Гренадо, Динаро, Папсуевская, Жемчуг, Юбилей, Ковчег и образцов 16/14, 26/14, 29/14, 62/14, 68/14, 79/14, 85/14, 102/14 и 103/14 присутствовали фрагменты амплификации длиной 260 и 360 п.н. В то же время у перечисленных образцов не наблюдалось присутствия фрагмента амплификации дистального маркера Iag95 в 1050 п.н., что указывает на рекомбинацию в данной области хромосомы, и наоборот, у сортообразцов Антось, Благо, Михась, Алико, Бальтико, Паво и 10/14 выяв-



М – маркер молекулярного веса GeneRuler 100bp Plus DNA Ladder (Thermo Scientific); K+ (положительный контроль) – изогиенная линия пшеницы Тс*6/ST-1.25 (Тс+*Lr26*); K– (отрицательный контроль) – сорт пшеницы Thatcher (Тс); сорта и сортообразцы озимого тритикале: 1 – Гренадо, 2 – Антось, 3 – Лето, 4 – Благо, 5 – Динаро, 6 – Модерато, 7 – Папсуевская, 8 – Жемчуг, 9 – 6/14, 10 – 10/14, 11 – 13/14, 12 – 16/14, 13 – 23/14

Рис. 1. Результаты разделения методом электрофореза продуктов амплификации в 1,5%-ном агарозном геле, полученные с помощью ПЦР с маркером P6M12-*P* к гену устойчивости *Lr26*



М – маркер молекулярного веса GeneRuler 100bp Plus DNA Ladder (Thermo Scientific); К+ (положительный контроль) – изогенная линия пшеницы Тс*6/ST-1.25 (Тс+*Lr26*); К– (отрицательный контроль) – сорт пшеницы Thatcher (Тс); сорта и сортообразцы озимого тритикале: 1 – Антось, 2 – Бальтико, 3 – Ковчег, 4 – 8/14, 5 – 72/14, 6 – 77/14, 7 – 79/14, 8 – Прометей, 9 – Эра, 10 – Жыцень, 11 – Михась, 12 – Модерато, 13 – Витон

Рис. 2. Результаты разделения методом электрофореза продуктов амплификации в 1,5%-ном агарозном геле, полученные с помощью ПЦП с маркером *Iag95* к гену устойчивости *Lr26*

лялся только фрагмент амплификации длиной 1050 п.н., причем в гетерозиготном состоянии. В работе R. Маго и др. [13] показано, что образцы пшеницы, у которых наблюдались фрагменты амплификации 260 и 360 п.н., а фрагмент 1050 п.н. отсутствовал, содержали только фрагмент транслокации с геном устойчивости *Lr26*, а гены устойчивости *Yr9/Sr31* отсутствовали. Сортообразцы тритикале, у которых выявлен только фрагмент амплификации длиной 1050 п.н., вероятнее всего будут содержать только гены устойчивости *Yr9* и *Sr31*.

С помощью набора клонов возбудителя бурой ржавчины, различающихся по вирулентности к генам устойчивости пшеницы, была предпринята попытка с помощью фитотеста показать наличие гена *Lr26* на озимых сортообразцах тритикале. У форм, для которых показано наличие этого гена с помощью молекулярных маркеров, не показано четкой зависимости проявления гена *Lr26* при заражении разновирulentными клонами бурой ржавчины, однако показано, что сортообразцы озимого тритикале 114/14, 115/14 обладали устойчивостью к бурой ржавчине как к популяции бурой ржавчине (в поле), так и ко всем исследованным клонам (в лабораторных условиях). Полевой устойчивостью обладали также формы 10/14, 79/14, 102/14, 103/14, 108/14, 109/14, 116/14, сорта Модерато и Динаро.

По результатам анализа популяции патогена 2009 г. ген устойчивости к бурой ржавчине пшеницы *Lr26* оказался эффективным к белорусской популяции патогена, в то же время было обнаружено 11 % изолятов, вирулентных к нему, что свидетельствует о возможности их накопления в случае возделывания сортов, содержащих данный ген [14]. В то же время вирулентные к *Lr26* клоны гриба *Puccinia triticina* выявлены во всех регионах России, где ген *Lr26* относится к группе генов устойчивости, утративших свою эффективность в связи с широким возделыванием сортов Аврора и Кавказ.

В работу также были взяты и маркеры к генам устойчивости, локализованным в D-геноме пшеницы: *Lr1* (5DL), *Lr19* (7DL), *Lr21* (5DS), *Lr24* (3DL), *Lr34* (7DS) и *Lr42* (1DS). В настоящее время гены устойчивости *Lr21* и *Lr34* клонированы и разработаны маркеры, с помощью которых возможно выявлять как наличие гена, так и его отсутствие. Так, для идентификации гена устойчивости *Lr34* в сортообразцах как озимого, так и ярового тритикале использовали мультиплексную реакцию с двумя парами базовых праймеров: L34SPF/L34DINT13R2 *Lr34*(+) и L34DINT9F/L34MINUSR *Lr34*(–) (маркер *Cssfr5*) [15]. Положительным контролем служили сорт Frontana и линия VL404. В результате фрагмент амплификации длиной 751 п.н., характерный для генотипов, несущих функциональный аллель (аллель *Lr34*(+), не был выявлен у озимых сортообразцов тритикале. В то же время и фрагмент амплификации 523 п.н. (аллель *Lr34*(–)) также не был выявлен у сортообразцов тритикале. Та же картина наблюдалась и при использовании маркеров

к генам устойчивости *Lr19* и *Lr21*, что указывает на отсутствие фрагментов D-генома для этих генов устойчивости.

Закключение. Анализ ДНК 49 сортов и образцов озимого тритикале показал, что в них отсутствуют гены устойчивости *Lr1*; *Lr9*; *Lr10*, *Lr12*; *Lr19*; *Lr20*; *Lr21*; *Lr24*; *Lr25*; *Lr28*; *Lr34*; *Lr37*; *Lr42*; *Lr47*. Обнаружено, что у озимого сорта тритикале Модерато и образцов 13/14, 23/14, 24/14, 77/14, 81/14 идентифицирована транслокация 1RS.1BL с генами устойчивости *Lr26/Yr9/Sr31*. Не удалось выявить экспрессию гена *Lr26* с помощью фитотеста. Показано, что сортообразцы озимого тритикале конкурсного сортоиспытания 114/14, 115/14 обладали устойчивостью к бурой ржавчине как к популяции (в поле), так и ко всем исследованным клонам (в лабораторных условиях). Полевой устойчивостью обладали также образцы 10/14, 79/14, 102/14, 103/14, 108/14, 109/14, 116/14, сорта Модерато и Динаро.

Литература

1. Сельское хозяйство Республики Беларусь: статист. сб. / Нац. статист. комитет Респ. Беларусь; ред. В. И. Зиновский [и др.]. – Минск, 2014. – 370 с.
2. Прохорова, С. В. Фитосанитарное состояние посевов тритикале / С. В. Прохорова, В. С. Тершук, А. И. Немкович // Изв. Акад. аграр. наук Респ. Беларусь. – 2000. – № 2. – С. 51–56.
3. Турка, М. Enhancing the resistance of triticale by using genes from wheat and rye / М. Турка, J. Chelkowski // Journal of Applied Genetics. – 2004. – Vol. 45, N 3. – P. 283–295.
4. Catalogue of gene symbols for wheat. 2014 [Electronic resurse] / R. A. McIntosh [et al.]. – Mode of access: <http://www.shigen.nig.ac.jp/wheat/komugi/genes/download.jsp>. – Date of access: 11.12.2014.
5. Schlegel, R. Genes, markers and linkage data of rye (*Secale cereale* L.), 7th updated inventory 2008 [Electronic resurse] / R. Schlegel, V. Korzun. – Mode of access: <http://www.rye-gene-map.de/> – Date of access 18.12.2014.
6. Михайлова, Л.А. Лабораторные методы культивирования возбудителя бурой ржавчины пшеницы *Puccinia recondita* Rob. ex. Desm. f.sp. *tritici* / Л. А. Михайлова, К. В. Квитко // Микология и фитопатология. – 1970. – Т. 4, вып. 3. – С. 269–273.
7. Mains, E. V. Physiological specialization in the leaf rust of wheat, *Puccinia triticina* Erikss / E. V. Mains, H. S. Jackson // Phytopathology. – 1926. – Vol. 16, N 8. – P. 89–120.
8. Гешеле, Э.Э. Основы фитопатологической оценки в селекции растений / Э. Э. Гешеле. – М.: Колос, 1978. – 208 с.
9. RFLP-mapping of genes affecting plant height and growth habit in rye / J. Plaschke [et al.] // Theoretical and Applied Genetics. – 1993. – Vol. 85, N 8. – P. 1049–1054.
10. Долматович, Т.В. ДНК-технология идентификации генов устойчивости пшеницы к возбудителю бурой ржавчины: метод. рекомендации / Т. В. Долматович, А. А. Булойчик / М-во сел. хоз-ва и прод. Респ. Беларусь, Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т генетики и цитологии НАН Беларуси. – Минск, 2013. – 64 с.
11. Detection of virulence to wheat stem rust resistance gene *Sr31* in *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* in Uganda / Z. A. Pretorius [et al.] // Plant Disease. – 2000. – Vol. 84, N 2. – P. 203.
12. Identification and mapping of molecular markers linked to rust resistance genes located on chromosome 1RS of rye using wheat-rye translocation lines / R. Mago [et al.] // Theor. Appl. Genet. – 2002. – Vol. 104. – P. 1317–1324.
13. High-resolution mapping and mutation analysis separate the rust resistance genes *Sr31*, *Lr26* and *Yr9* on the short arm of rye chromosome 1 / R. Mago [et al.] // Theor. Appl. Genet. – 2005. – Vol. 112. – P. 41–50.
14. Булойчик А.А. Частота встречаемости генов вирулентности в белорусских популяциях *Puccinia triticina* / А. А. Булойчик, В. С. Борзяк, Е. А. Волуевич // Микология и фитопатология. – 2011. – Т. 45, №5. – С. 436–442.
15. Gene-specific markers for the wheat gene *Lr34/Yr18/Pm38* which confers resistance to multiple fungal pathogens / E. S. Lagudah [et al.] // Theor. Appl. Genet. – 2009. – Vol. 119, N 5. – P. 889–898.

T. V. DOLMATOVICH, A. A. BULOICHIK, V. S. BORZYAK, S. I. GRIB, V. N. BUSHTEVICH

MARKING OF RESISTANCE GENES TO LEAF RUST AND THEIR EXPRESSION AT DIFFERENT STAGES OF ONTOGENESIS IN WINTER TRITICALE VARIETIES AND SAMPLES

Summary

The laboratory evaluation of resistance of 49 samples of winter triticale to agent clones of leaf rust has been carried out. It's established that in the winter triticale variety Moderato and samples 13/14, 23/14, 24/14, 77/14, 81/14 translocation 1RS.1BL is identified with resistance genes *Lr26/Yr9/Sr31*. It is shown that winter triticale samples 114/14, 115/14 is resistant to leaf rust at different stages of ontogenesis. Samples 10/14, 79/14, 102/14, 103/14, 108/14, 109/14, 116/14 of Moderato and Dinaro varieties also have fielding resistance.

УДК 634.734/737:631.52

Т. Н. БОЖИДАЙ, Н. Н. ВОЛОСЕВИЧ, Н. В. КУХАРЧИК

АНАЛИЗ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ СТАБИЛЬНОСТИ РАСТЕНИЙ ГОЛУБИКИ СОРТА DUKE, ПОЛУЧЕННЫХ В КУЛЬТУРЕ *IN VITRO*

Институт плодоводства, аг. Самохваловичи, Беларусь, e-mail: tanya_bozhidaj@mail.ru

(Поступила в редакцию 16.12.2014)

Введение. Голубика высокорослая является ценной ягодной культурой как в биологическом, так и экономическом отношении, а в результате многолетних исследований была доказана перспективность ее выращивания в условиях Беларуси.

В последнее время для получения посадочного материала голубики все большее значение приобретает использование метода культуры тканей [1, 2]. Для крупномасштабного производства эффективность используемых методов размножения имеет большое значение, однако более важным является получение генетически однородного посадочного материала. Установлено, что культивирование *in vitro* может индуцировать генетическую (сомаклональную) изменчивость у растений вследствие влияния различных факторов (типа экспланта, состава питательных сред, длительности культивирования и др.) [3–5]. Следовательно, необходимо проводить анализ генетической стабильности растений, полученных в культуре *in vitro*, с целью подтверждения качества посадочного материала.

Наиболее простым, экономичным и достаточно надежным среди целого ряда молекулярных методов, используемых для оценки генетической стабильности растений, является RAPD-анализ (*random amplified polymorphic DNA*), основанный на полимеразной цепной реакции (PCR) с использованием случайных праймеров [6–9]. При этом следует отметить, что комбинирование нескольких видов генетического анализа может использоваться для более плотного покрытия генома исследуемых растений [7, 8]. Однако окончательный выбор метода анализа определяется исходя из оснащенности лаборатории необходимым оборудованием.

Цель исследования – оценить генетическую стабильность растений голубики сорта Duke, полученных в культуре *in vitro*.

Материалы и методы исследований. Исследования проводили в отделе биотехнологии РУП «Институт плодоводства» в 2012–2014 гг. В качестве объекта исследований были выбраны растения голубики высокорослой (*Vaccinium corymbosum* L.) сорта Duke. Данный сорт включен в Государственный реестр сортов, допущенных к использованию на территории Республики Беларусь, в 2008 г. [10]. Для анализа генетической стабильности были выделены образцы ДНК пяти клонов голубики сорта Duke, полученных с использованием культуры тканей.

В качестве эксплантов голубики на этапе введения использовали вегетативные почки, которые культивировали в течение 4 недель на агаризованной питательной среде WPM [11] с добавлением витаминов: В₁ – 1,0 мг/л, В₆ – 0,5 мг/л, РР – 0,5 мг/л, С – 1,0 мг/л, глицина – 2,0 мг/л, мезоинозита – 100 мг/л, зеатина – 2 мг/л и сахарозы – 30 г/л. Затем регенеранты культивировали на агаризованной питательной среде по прописи Debnath и McRae [12, 13] с добавлением витаминов: В₁ – 0,6 мг/л, В₆ – 0,4 мг/л, РР – 0,4 мг/л, глицина – 1,0 мг/л, мезоинозита – 100 мг/л, 2-изопентениладенина (2-IP) – 5,0 мг/л и сахарозы – 30 г/л. Стерилизацию сред проводили при давлении 0,9 атм. в течение 15 мин после введения в нее всех необходимых витаминов и физиологически активных веществ. Условия культивирования растений *in vitro*: освещение 2,5–3 тыс. лк, тем-

пература +21...+23 °С, фотопериод – 16/8 ч. Длительность субкультивирования – 4 недели. Весь этап микроразмножения составил 6 пассажей, после которого растения-регенеранты укореняли в условиях *ex vitro* на мхе *Sphagnum* L. со слоем верхового торфа (0,5 см) в мини-парниках 450×200×70 мм (расстояние между рядами – 10–15 мм, в ряду – 7–10 мм). Условия укоренения: освещение – 2,5–3 тыс. лк, температура – +20...+22 °С, фотопериод – 16/8 ч. Длительность культивирования – 4 недели.

В качестве контроля использовали ДНК, выделенную из маточного растения.

Методика выделения ДНК из растений. Для выделения ДНК использовали коммерческий набор NucleoSpin® Plant II (MACHEREY-NAGEL). Выделение проводили в соответствии с методическими указаниями фирмы-производителя.

Вначале 50 мг растительного материала (листьев) растирали пестиком в ступке с жидким азотом до получения пудры. К измельченному материалу добавляли 400 мкл лизирующего буфера (PL1) и 10 мкл RNase A, продолжали растирать. Затем добавляли еще 100 мкл буфера PL1, растирали, после чего смесь переносили в микроцентрифужные пробирки (2 мл), интенсивно перемешивали при помощи Vortexer (Bio-Rad), затем инкубировали 10 мин при 65 °С.

Для удаления остатков нелизированных клеток лизат переносили на фильтрационные колонки (в 2 мл микроцентрифужных пробирках) и центрифугировали 2 мин при 10 000 об/мин.

К очищенному лизату добавляли 450 мкл буфера РС, интенсивно перемешивали при помощи Vortexer (Bio-Rad). Затем смесь переносили на поверхность связывающих колонок (в микроцентрифужных пробирках 2 мл) и центрифугировали 1 мин при 10 000 об/мин для связывания ДНК.

Далее осуществляли трехкратное промывание мембраны связывающих колонок: 1) добавляли 400 мкл буфера PW1, центрифугировали 1 мин при 10 000 об/мин; 2) добавляли 700 мкл буфера PW2, центрифугировали 1 мин при 10 000 об/мин; 3) добавляли 200 мкл буфера PW2, центрифугировали 2 мин при 10 000 об/мин. Дополнительный этап центрифугирования (1 мин при 10 000 об/мин) использовали для удаления остатков промывающего раствора с мембран колонок.

Элюирование ДНК проводили путем добавления 50 мкл буфера РЕ (разогретый до 65 °С), инкубирования при 65 °С в течение 5 мин и центрифугирования при 10 000 об/мин в течение 1 мин.

Качество выделения ДНК проверяли при помощи электрофореза в 1%-ном агарозном геле и 1× ТАЕ-буфере (Bio-Rad).

Методика проведения ПЦР-анализа. Реакционная смесь объемом 25 мкл содержала milliQ воду, 1× Taq-буфер (Thermo Scientific), 1,5 mM MgCl₂ (Thermo Scientific), 0,2 mM смеси dNTP (Thermo Scientific), 0,2 мкМ праймера, 1,5 ед. Taq-полимеразы (Thermo Scientific), 50 нг ДНК.

PCR-реакцию проводили на амплификаторе iCycler® 3.032 (Bio-Rad) при следующих заданных параметрах: 1 цикл: 94 °С – 5 мин; 35 циклов: 94 °С – 30 с, 36 °С – 30 с, 72 °С – 2 мин; 1 цикл: 72 °С – 10 мин.

Продукты амплификации разделяли при помощи электрофореза в 1%-ном агарозном геле и 1× ТАЕ-буфере (Bio-Rad). Результаты электрофореза анализировали с помощью аппаратного обеспечения Gel Doc™ EQ System (Bio-Rad) и пакета программ Quantity One® (Bio-Rad).

Размер и число амплифицированных фрагментов генома растений голубики анализировали после проведения полимеразной цепной реакции с RAPD-праймерами.

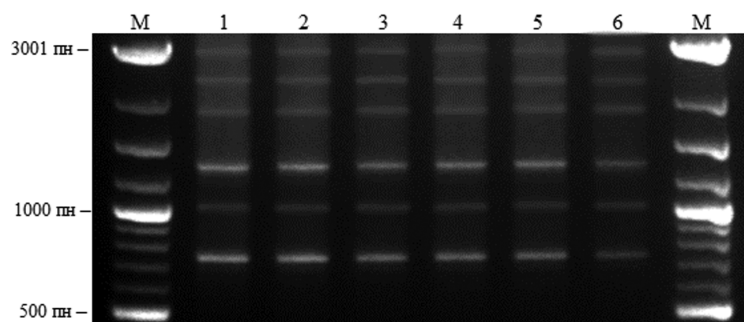
Результаты и их обсуждение. При проведении RAPD-анализа одним из основных моментов является подбор праймеров, которые будут давать стабильные наборы RAPD-спектров.

Предварительная оценка эффективности использования 54 олигонуклеотидных праймеров для амплификации фрагментов генома маточного растения голубики сорта Duke позволила отобрать 6 наиболее информативных праймеров (OPA 01, OPA 10, OPE 3, OPN 14, OL 1, OL 8), дающих максимальное количество хорошо различимых и пригодных для анализа полос (табл. 1).

Использование 6 отобранных праймеров для RAPD-анализа каждого из растений голубики сорта Duke позволило получить 40 различных полос, что составило в среднем 6,7 полосы на праймер (табл. 2). Число ампликонов в RAPD-спектрах в зависимости от используемого праймера варьировало от 6 (OPA 10, OPE 3, OL 1) до 9 (OPA 01). Анализ длины амплифицированных фрагментов генома голубики показал, что размеры продуктов амплификации варьировали от 400 пн (OPA 01) до 3000 пн (OPA 01, OPA 10, OL 1). Сравнение RAPD-спектров, генерированных

Таблица 1. Праймеры, отобранные для оценки генетической стабильности растений голубики

Название праймера	Нуклеотидная последовательность (5'-3')	Источник
OPA 01	CAGGCCCTTC	S.C. Debnath [14]
OPA 10	GTGATCGCAG	
OPE 3	CCAGATGCAC	А. В. Пикунова [15]
OPN 14	TCGTGCGGGT	
OL 1	GGCGCGTTAG	Разработка отдела
OL 8	AGACGATGGG	



RAPD-спектры маточного растения и клонов голубики сорта Duke, полученные с использованием праймера OL 1: М – маркер 2-Long DNA Ladder (BioLabs); 1 – маточное растение; 2–6 – клоны

Таблица 2. Число и размер полос, генерированных праймерами на основе ДНК-матриц маточного растения и клонов голубики сорта Duke

Название праймера	Число анализируемых полос	Общее число полос	Размер амплифицированных фрагментов, пн
OPA 01	9	54	400–3000
OPA 10	6	36	500–3000
OPE 3	6	36	500–1350
OPN 14	7	42	600–2500
OL 1	6	36	700–3000
OL 8	6	36	500–2017
Итого	40	240	–

с использованием ДНК маточного растения и его 5 клонов, полученных методом культуры тканей, показало их полную идентичность (рисунок).

Оценка генетической стабильности растений голубики сорта Duke основывалась на анализе в общей сложности 240 RAPD-полос (табл. 2), и все они оказались мономорфными. Таким образом, полученные результаты свидетельствуют об отсутствии генетической вариабельности при микроразмножении растений голубики сорта Duke по приведенной методике.

Представленные данные согласуются с ранее опубликованными результатами ряда исследователей по генетической стабильности растений, полученных с использованием культуры тканей. Так, грамотно подобранные условия размножения растений в культуре *in vitro* позволяют избежать возникновения генетической изменчивости и получить большое количество генетически однородного посадочного материала в сравнительно короткий срок [6–8].

Заключение. В ходе проведенных исследований оценена возможность использования 54 олигонуклеотидных праймеров для RAPD-анализа генетической стабильности растений голубики сорта Duke и отобраны 6 праймеров (OPA 01, OPA 10, OPE 3, OPN 14, OL 1, OL 8), дающие максимальное количество хорошо различимых полос.

Данные проведенного RAPD-анализа с отобранными праймерами свидетельствуют об отсутствии вариабельности между маточным растением и клонами голубики сорта Duke и о возможности использования приведенной схемы микроразмножения для получения генетически однородного посадочного материала.

Литература

1. Debnath, S. C. Propagation of *Vaccinium in vitro*: a review / S. C. Debnath // International Journal of Fruit Science. – 2006. – Vol. 6, N 2. – P. 47–71.
2. Debnath, S. C. Propagation and cultivation of *Vaccinium* species and less known small fruits / S. C. Debnath // *Vaccinium* ssp. and less known small fruit: challenges and risks: international scientific conference, Jelgava, 6–8 October 2009 / Latvia University of Agriculture; ed.: A. Adamovics [et al.]. – Jelgava, 2009. – P. 22–29.
3. Rani, V. Genetic fidelity of organized meristem-derived micropropagated plants: a critical reappraisal / V. Rani, S. N. Raina // *In vitro Cellular and Developmental Biology – Plant*. – 2000. – Vol. 36, N 5. – P. 319–330.
4. Высоцкий, В. А. О генетической стабильности при клональном микроразмножении плодовых и ягодных культур / В. А. Высоцкий // *Сельскохозяйственная биология*. – 1995. – № 5. – С. 57–63.
5. Genetic instability of sugarcane plants derived from meristem cultures / M. I. Zucchi [et al.] // *Genetics and Molecular Biology*. – 2002. – Vol. 25. – P. 91–96.
6. Assessment of genetic stability and fidelity of some micropropagated *Vitis vinifera* L. “Feteasca neagra” clones by ampelometric and RAPD markers / R. N. Gheorghe [et al.] // *Bulletin UASVM Horticulture*. – 2009. – Vol. 66, N 1. – P. 51–57.
7. Evaluation of the genetic fidelity of *in vitro*-propagated gerbera (*Gerbera jamesonii* Bolus) using DNA-based markers / R. Bhatia [et al.] // *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*. – 2011. – Vol. 104, N 1. – P. 131–135.
8. Martins, M. Genetic stability of micropropagated almond plantlets, as assessed by RAPD and ISSR markers reappraisal / M. Martins, D. Sarmiento, M. M. Oliveira // *Plant Cell Reports*. – 2004. – Vol. 23, N 7. – P. 492–496.
9. Microclonal propagation of *Vaccinium* sp. and *Rubus* sp. and detection of genetic variability in culture *in vitro* / A. Gajdosova [et al.] // *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*. – 2006. – Vol. 14. – P. 103–119.
10. Государственный реестр сортов / отв. ред.: В. А. Бейня. – Минск, 2014. – С. 83–84, 152–153.
11. Lloyd, G. Commercially-feasible micropropagation of mountain laurel, *Kalmia latifolia*, by use of shoot tip culture / G. Lloyd, B. McCown // *Combined Proceedings of the International Plant Propagator’s Society*. – 1980. – Vol. 30. – P. 421–427.
12. Debnath, S. C. *In vitro* culture of lingonberry (*Vaccinium vitis-idaea* L.): the influence of cytokinins and media types on propagation / S. C. Debnath, K. B. McRae // *Small Fruits Review*. – 2001. – Vol. 1, N 3. – P. 3–19.
13. Debnath, S. C. Micropropagation of lingonberry: influence of genotype, explant orientation, and overcoming TDZ-induced inhibition of shoot elongation using zeatin / S. C. Debnath // *HortScience*. – 2005. – Vol. 40, N 1. – P. 185–188.
14. Debnath, S. C. An assessment of the genetic diversity within a collection of wild cranberry (*Vaccinium macrocarpon* Ait.) clones with RAPD-PCR / S. C. Debnath // *Genetic Resources and Crop Evolution*. – 2007. – Vol. 54. – P. 509–517.
15. Пикунова, А. В. Оценка генетического разнообразия исходного и селекционного материала ягодных культур с помощью молекулярных маркеров: дис. ... канд. биол. наук: 06.01.05, 03.02.07 / А. В. Пикунова. – Орел, 2011. – 153 л.

T. N. BOZHYDAI, N. N. VOLOSEVICH, N. V. KUKHARCHIK

ANALYSIS OF THE GENETIC STABILITY OF *IN VITRO* PROPAGATED BLUEBERRY (CV. DUKE)

Summary

The efficiency of propagation methods is of great importance for large-scale production, but even more important is the genetic stability of *in vitro* propagated planting material. As a result of the research assessed is the possibility of using 54 oligonucleotide primers for the analysis of the genetic stability of *in vitro* propagated blueberry (cv. Duke) with RAPD-PCR. 6 primers (OPA 01, OPA 10, OPE 3, OPN 14, OL 1, OL 8) producing the maximum number of distinct bands has been selected. It's established that all RAPD profiles of micropropagated blueberry generated with these 6 primers are monomorphic and identical to those of the mother plant.

УДК 633.88:582.975:631.81.095.337(476.6)

А. Г. ТАРАСЕВИЧ¹, В. В. ЛАПА², Г. М. МИЛОСТА¹

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ВАЛЕРИАНЫ ЛЕКАРСТВЕННОЙ И ВЫНОС ЭЛЕМЕНТОВ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ ПРОДУКЦИЕЙ

¹Гродненский государственный аграрный университет, Гродно, Беларусь

²Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси, Минск, Беларусь, e-mail: brissagro@biz.by

(Поступила в редакцию 09.01.2015)

В последние годы в Республике Беларусь широкое распространение получает производство лекарственных препаратов на натуральной растительной основе. Из общего количества лекарственных средств, принятых фармакопеей, около 40 % составляют препараты растительного происхождения. Одной из наиболее востребованных лекарственных культур в нашей республике для производства таких препаратов является валериана лекарственная. Она содержит эфирные масла, валериановые кислоты, органические кислоты, алкалоиды и многие другие ценные органические вещества. Препараты, получаемые из валерианы лекарственной, оказывают положительное регулирующее влияние на нервную систему человека, сердечную мышцу, способствуют расширению коронарных сосудов и нормализуют кровообращение [1, 2].

Высокая активность продукционного процесса растений валерианы лекарственной является необходимым условием формирования большой урожайности корней этой культуры с высокими показателями качества получаемой продукции. На развитие продукционного процесса оказывают влияние факторы внешней среды и биологические особенности самого растительного организма. Большую роль в повышении продуктивности валерианы в почвенно-климатических условиях Беларуси играет оптимизация минерального питания. Выявление закономерностей потребления питательных элементов, изменения состава фотосинтетических пигментов и других процессов в течение вегетации растений валерианы лекарственной лежит в основе разработки комплекса приемов воздействия на растительный организм.

Валериана лекарственная – интенсивно удобряемая культура, что может обусловить накопление большого количества элементов питания в почве, однако не всегда оптимальное для растений. Более полную характеристику потребности валерианы в макро- и микроэлементах может дать изучение вопросов выноса этих элементов с урожаем основной и побочной продукции. Учет показателей выноса элементов питания позволит более обосновано планировать производство корней валерианы с наименьшими затратами и более высокой окупаемостью минеральных удобрений, прогнозировать потребность в удобрениях и изменение обеспеченности почв элементами питания, регулировать плодородие почв, охрану окружающей среды. Анализ литературных данных показал, что вынос элементов питания в значительной мере зависит от биологических особенностей сорта, агрохимических свойств почвы, особенностей агротехники, погодных условий, развития болезней и многих других факторов. Большое значение для получения высокого и качественного урожая валерианы имеет обеспеченность растений микроэлементами. Одним из критериев потребности в них являются показатели содержания их в растениях. Однако исследования, в этом направлении для данной культуры в нашей республике до настоящего времени не проводились [3–5].

Накопление основных элементов минерального питания в органах валерианы зависит от многих факторов, важнейшими из которых являются: сортовые особенности, уровень плодородия почвы, температура в период вегетации, обеспеченность влагой и др. По количеству и соот-

ношению элементов питания в растениях валерианы можно судить об особенностях их роста, развития и формирования урожая. Минеральные элементы определяют важные качественные показатели корней и корневищ валерианы.

Материалы и методы исследования. Полевые исследования проводили в 2011–2013 гг. в КСУП «Совхоз «Большое Можейково» Щучинского района Гродненской области на дерново-подзолистой супесчаной почве, развивающейся на рыхлой супеси, подстилаемой с глубины 0,5–0,6 м моренным суглинком. Схема посадки – 70 × 15 см. Норма посадки – 95 тыс. растений на 1 га. Сорт валерианы – Анастасия. Высадку рассады проводили в III декаде апреля в гребни с шириной междурядий 70 см.

Почва имеет следующие агрохимические показатели почвы: pH_{KCl} 6,2–6,4; гумус – 1,7–1,9 %, P_2O_5 – 180–203 и K_2O – 162–195 мг/кг почвы. По содержанию подвижных форм бора, меди и цинка почва относится к II (средней) группе обеспеченности. Микроудобрения вносили в форме Адоб бора, Адоб меди и Адоб цинка по вегетирующим растениям путем трехкратной некорневой подкормки в III декаде июня в фазу 3–4 настоящих листьев, в III декаде июля в фазу 5–6 настоящих листьев и III декаде августа в фазу 10–12 настоящих листьев.

В процессе ухода за растениями валерианы проводили междурядные обработки и прополки от сорняков. В период вегетации валерианы проводили фенологические наблюдения и отбор растительных образцов по основным фазам роста и развития. Наступление фенологических фаз проходило практически одновременно в 2011–2013 гг. (в пределах одной декады месяца): 3–4 настоящих листа – III декада июня; 5–6 настоящих листьев – III декада июля; 10–12 настоящих листьев – III декада августа; полная прикорневая розетка листьев – III декада сентября; окончание вегетации и уборка – II–III декада октября. Образцы растений (листья, корни), отобранные при уборке во II–III декаде октября, использовали для химического анализа и расчета общего и удельного выноса элементов питания.

В растительных образцах (шишках, листьях и стеблях) определяли: общий азот – методом Кьельдаля (ГОСТ 13496.4–93), фосфор – на фотоэлектроколориметре (ГОСТ 26657–97), калий – по Кирсанову на пламенном фотометре, бор – при помощи спектроколориметра, медь и цинк – на атомно-абсорбционном спектрофотометре. Удельный вынос ($V_{уд}$) элементов питания рассчитывали по формуле:

$$V_{уд} = ЭП \cdot Y_k + \frac{ЭП \cdot Y_{ст}}{Y_k},$$

где ЭП – содержание элементов питания в корнях и листьях, %; Y_k , $Y_{ст}$ – урожайность воздушно-сухой массы корней и листьев соответственно, ц/га.

Для формирования высокого и качественного урожая валериана лекарственная требует в первую очередь оптимальных температур в период формирования надземной и подземной массы (15–20 °С в июне–сентябре). Следует отметить, что основным фактором погодных условий, оказывающим значительное влияние на количество и качество урожая валерианы лекарственной, является достаточная влагообеспеченность почвы, особенно в период активного формирования листовой массы (июль–август) и корневищ (август–сентябрь). В годы проведения исследований (2011–2013 гг.) температура и обеспеченность влагой были благоприятны для роста и развития валерианы лекарственной и соответствовали ее биологическим особенностям.

Результаты и их обсуждение. Анализ результатов исследований показал, что почвенно-климатические условия Беларуси соответствуют биологическим особенностям валерианы лекарственной для получения высокого и качественного урожая. Как видно из данных полевых опытов, на показатели содержания элементов питания существенное влияние оказывает внесение макро- и микроудобрений (табл. 1).

Установлено, что содержание азота в корнях и корневищах валерианы лекарственной составляет в среднем 1,89–2,28 %; P_2O_5 – 0,51–0,60 %; K_2O – 1,50–1,67 %; CaO – 1,16–1,29; MgO – 0,33–0,39. В листьях содержание элементов питания более высокое: N – 2,63–2,83; P_2O_5 – 1,41–1,51 %; K_2O – 3,30–3,63 %; CaO – 2,11–2,25; MgO – 0,69–0,72. В результате исследований установлено содержание элементов питания в различных органах растений (корни, корневища и листовая

Таблица 1. Содержание элементов питания в корнях и листовой массе валерианы лекарственной, среднее за 2011–2013 гг.

Вариант опыта	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	B	Cu	Zn
	%					мг/кг		
<i>Корни и корневища валерианы</i>								
1. Фон (60 т/га навоза +N ₁₃₅ P ₆₀ K ₁₂₀)	1,92	0,57	1,52	1,21	0,33	11,34	7,78	27,40
2. Фон + B _(0,15+0,15+0,15)	2,11	0,55	1,66	1,26	0,35	13,53	7,33	25,66
3. Фон + Cu _(0,15+0,15+0,15)	2,01	0,51	1,67	1,29	0,39	12,24	9,64	26,50
4. Фон + Zn _(0,15+0,15+0,15)	2,20	0,54	1,50	1,26	0,36	11,01	7,40	28,38
5. Фон + B _(0,1+0,1+0,1) Cu _(0,1+0,1+0,1)	1,99	0,60	1,46	1,20	0,34	12,55	6,54	25,46
6. Фон + B _(0,1+0,1+0,1) Zn _(0,1+0,1+0,1)	2,28	0,55	1,62	1,25	0,36	13,18	5,95	24,20
7. Фон + Cu _(0,1+0,1+0,1) Zn _(0,1+0,1+0,1)	2,21	0,59	1,49	1,20	0,35	10,51	6,46	27,54
8. Фон + B _(0,1+0,1+0,1) Cu _(0,1+0,1+0,1) Zn _(0,1+0,1+0,1)	1,89	0,56	1,59	1,16	0,33	11,42	7,99	24,83
<i>Листовая масса валерианы</i>								
1. Фон (60 т/га навоза +N ₁₃₅ P ₆₀ K ₁₂₀)	2,65	1,45	3,48	2,14	0,70	13,48	9,28	28,61
2. Фон + B _(0,15+0,15+0,15)	2,63	1,44	3,63	2,20	0,71	14,55	8,94	26,79
3. Фон + Cu _(0,15+0,15+0,15)	2,68	1,41	3,53	2,25	0,72	13,68	10,26	25,75
4. Фон + Zn _(0,15+0,15+0,15)	2,83	1,51	3,39	2,19	0,71	12,93	9,54	33,50
5. Фон + B _(0,1+0,1+0,1) Cu _(0,1+0,1+0,1)	2,74	1,47	3,30	2,13	0,70	13,81	9,47	25,71
6. Фон + B _(0,1+0,1+0,1) Zn _(0,1+0,1+0,1)	2,79	1,47	3,60	2,18	0,71	14,33	9,04	28,25
7. Фон + Cu _(0,1+0,1+0,1) Zn _(0,1+0,1+0,1)	2,74	1,49	3,54	2,14	0,70	13,07	9,24	29,20
8. Фон + B _(0,1+0,1+0,1) Cu _(0,1+0,1+0,1) Zn _(0,1+0,1+0,1)	2,65	1,48	3,47	2,11	0,69	13,62	9,58	29,13

масса). Надземная часть растений характеризуется более высоким содержанием элементов питания, чем подземная. Процентное содержание азота в листьях в среднем в 1,4 раза выше, чем в корнях, содержание P₂O₅ в листьях в среднем в 2,5 раза выше, чем в подземных органах, содержание K₂O также наиболее высокое в листьях – в среднем в 2,3 выше, чем в корнях. При этом элементы питания в порядке убывания показателей их содержания расположились следующим образом: N > K > Ca > P > Mg.

Содержание микроэлементов в корнях составило: B – 10,51–13,53; Cu – 6,46–9,64; Zn – 24,20–28,38 мг/кг. В листьях содержание микроэлементов более высокое: B – 11,22–14,33; Cu – 8,94–10,26; Zn – 25,75–33,50 мг/кг. При этом микроэлементы в порядке убывания показателей их содержания расположились следующим образом: Zn > B > Cu. Более высокое содержание цинка в растениях обуславливает более высокую потребность в этом элементе валерианы лекарственной для увеличения ее урожайности и, как следствие, более высокую эффективность цинкового удобрения. Следует отметить, что микроэлементы по эффективности их влияния на увеличение урожайности корней валерианы также располагаются в следующем порядке убывания: Zn > B > Cu, при этом можно отметить тесную связь уровня содержания элемента в растении с отзывчивостью растения на внесение этого элемента. Так, высокая эффективность цинка обуславливается более высоким содержанием этого элемента в корнях валерианы и, соответственно, высокой потребностью в нем растений.

Данные содержания элементов питания в растениях послужили основой для расчета их общего выноса (корни, корневища и листовая масса) с единицы площади (табл. 2).

Проведенные исследования позволили определить абсолютные показатели выноса элементов питания на единицу площади в целом и отдельными частями растений. В среднем растения валерианы потребляли из почвы 135,3–184,9 кг/га азота, 55,9–69,9 кг/га P₂O₅; 143,0–177,8 кг/га K₂O; 96,4–120,1 кг/га CaO; 29,1–37,0 кг/га MgO; 74,7–101,7 г/га бора; 51,4–64,6 г/га меди; 171–210,7 г/га цинка. По количеству потребляемых элементов питания с единицы площади их можно расположить в следующем порядке убывания: K > N > Ca > P > Mg.

Макро- и микроудобрения оказали определенное влияние на содержание и вынос элементов питания растениями валерианы лекарственной. В среднем за три года в корнях под действием удобрений содержание элементов питания возрастало. Наиболее высокое содержание азота

Таблица 2. Общий вынос элементов питания валерианой лекарственной, среднее за 2011–2013 гг.

Вариант опыта	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	B	Cu	Zn
	кг/га					г/га		
1. Фон (60 т/га навоза + N ₁₃₅ P ₆₀ K ₁₂₀)	72,2/63,1	21,4/34,5	57,2/82,8	45,5/50,9	12,4/16,7	42,6/32,1	29,3/22,1	103,0/68,1
2. Фон + B _(0,15+0,15+0,15)	85,7/70,7	22,7/38,7	67,4/97,7	51,2/59,2	14,2/19,1	54,9/39,1	29,8/24,1	104,2/72,1
3. Фон + Cu _(0,15+0,15+0,15)	79,8/70,2	20,2/36,9	66,3/92,5	51,2/59,0	15,5/18,9	48,6/35,8	38,3/26,3	105,2/67,5
4. Фон + Zn _(0,15+0,15+0,15)	94,8/74,7	23,3/39,9	64,7/89,5	54,3/57,8	15,5/18,7	47,5/34,1	31,9/25,2	122,3/88,4
5. Фон + B _(0,1+0,1+0,1) Cu _(0,1+0,1+0,1)	87,6/81,1	26,4/43,5	64,2/97,7	52,8/63,1	15,0/20,7	55,2/40,9	28,8/28,0	112,0/76,1
6. Фон + B _(0,1+0,1+0,1) Zn _(0,1+0,1+0,1)	104,9/80,0	25,3/42,2	74,5/103,3	57,5/62,6	16,6/20,4	60,6/41,1	27,4/25,9	111,3/81,1
7. Фон + Cu _(0,1+0,1+0,1) Zn _(0,1+0,1+0,1)	93,7/73,2	25,0/39,8	63,2/94,5	50,9/57,1	14,8/18,7	44,6/34,9	27,4/24,7	116,8/78,0
8. Фон + B _(0,1+0,1+0,1) Cu _(0,1+0,1+0,1) Zn _(0,1+0,1+0,1)	83,7/76,3	24,8/42,6	70,4/99,9	51,4/60,8	14,6/19,9	50,6/39,2	35,4/27,6	110,0/83,9

Примечание. В числителе – вынос подземными органами, в знаменателе – надземными.

в надземных (2,20 и 2,28 %) и подземных (2,83 и 2,79 %) органах отмечалось в вариантах с внесением цинка и бора с цинком соответственно. Содержание фосфора в корнях возрастало при внесении бора с медью и цинка с медью до 0,60 и 0,59 % соответственно, а в листьях (до 1,51 %) – под влиянием цинка. Содержание калия возрастало под влиянием бора как в подземных, так и в надземных органах (до 1,66 и 3,63 % соответственно).

Максимальное содержание микроэлементов – бора, меди и цинка – в корнях и листьях отмечалось в вариантах с соответствующим внесением этих элементов некорневым способом.

Эффективное применение удобрений предполагает установление доз их внесения с учетом выноса соответствующих элементов питания основной и побочной продукцией в расчете на 1 т основной продукции (корни) с учетом побочной. В ходе исследований был рассчитан удельный вынос питательных элементов на 1 т основной продукции, который является одной из важнейших характеристик, отражающих затраты элементов минерального питания на формирование единицы основной и соответствующего количества побочной продукции. Этот показатель достаточно стабилен и мало зависит от условий окружающей среды, уровня почвенного плодородия, применяемых удобрений и других факторов, что позволяет использовать его для расчета доз минеральных удобрений балансовым методом. В наших исследованиях установлено, что с 10 ц корней и соответствующим количеством листовой массы валерианы лекарственной выносятся 36,0–40,2 кг азота; 14,4–15,9 кг фосфора; 35,8–40,7 кг калия; 25,3–27,8 кг кальция; 7,7–8,7 кг магния; 18,8–22,1 г бора; 11,6–16,3 г меди и 41,8–48,9 г цинка (табл. 3).

Установлено, что в среднем за три года исследований под действием микроудобрений удельный вынос питательных элементов колебался: по азоту – на 4,2 кг (11,7 %), фосфору – 1,5 кг (10,4 %),

Таблица 3. Удельный вынос элементов питания валерианой лекарственной, среднее за 2011–2013 гг.

Вариант опыта	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	B	Cu	Zn
	кг/т					г/т		
1. Фон (60 т/га навоза + N ₁₃₅ P ₆₀ K ₁₂₀)	36,0	14,9	38,0	25,6	7,7	19,9	13,7	45,5
2. Фон + B _(0,15+0,15+0,15)	38,5	15,1	40,7	27,2	8,2	23,2	13,3	43,4
3. Фон + Cu _(0,15+0,15+0,15)	37,8	14,4	40,0	27,8	8,7	21,3	16,3	43,5
4. Фон + Zn _(0,15+0,15+0,15)	39,3	14,7	35,8	26,0	7,9	18,9	13,3	48,9
5. Фон + B _(0,1+0,1+0,1) Cu _(0,1+0,1+0,1)	38,3	15,9	36,8	26,3	8,1	21,8	12,9	42,8
6. Фон + B _(0,1+0,1+0,1) Zn _(0,1+0,1+0,1)	40,2	14,7	38,7	26,1	8,0	22,1	11,6	41,8
7. Фон + Cu _(0,1+0,1+0,1) Zn _(0,1+0,1+0,1)	39,4	15,3	37,2	25,5	7,9	18,8	12,3	45,9
8. Фон + B _(0,1+0,1+0,1) Cu _(0,1+0,1+0,1) Zn _(0,1+0,1+0,1)	36,1	15,2	38,4	25,3	7,8	20,3	14,2	43,8

калию – 4,9 кг (13,7 %), кальцию – 2,5 кг (9,9 %), магнию – 1,0 кг (13,0 %), бору – 3,3 г (17,6 %), меди – 4,7 г (40,5 %), по цинку – на 7,1 г (17,0 %).

Результаты химического анализа растений показали отсутствие определенной стабильности содержания элементов питания и удельного выноса элементов питания по вариантам опыта. Как подчеркивает С. В. Брилева [2], это может быть обусловлено тем, что валериана лекарственная при возделывании в условия высокой концентрации элементов минерального питания активно поглощала их, но определенная часть элементов не использовалась для биосинтеза и оставалась в «запасе или резерве», концентрируясь в основном в вакуолях растительных клеток. При проведении химического анализа растений этот резерв фиксировался, а в процессе расчетов удельного выноса на единицу продукции отмечались колебания этих показателей.

Таким образом, вынос элементов питания в значительной мере зависит и меняется от применения макро- и микроудобрений. Данные по выносу элементов минерального питания позволят более эффективно применять удобрения при возделывании валерианы лекарственной в конкретных почвенно-климатических условиях Беларуси.

Анализ данных по выносу элементов питания с единицы площади показал, что основная доля фосфора (62,7 %), калия (59,4 %), кальция (53,1 %) и магния (62,1 %) от общего выноса выносятся с листьями. Следует отметить, что перед уборкой урожая листовая масса срезается и остается на поле, поэтому большая часть фосфора, калия, кальция и магния возвращается в почву. Лишь вынос азота подземными (54,4 %) органами несколько выше, чем надземными (45,6 %), хотя в целом азот сосредоточен приблизительно поровну в листьях и корнях.

Основная доля бора (57,7 %), меди (57,1 %) и цинка (60,2 %) выносятся с корнями. Эти элементы безвозвратно выносятся из почвы и для бездефицитного их баланса должны возвращаться с соответствующими микроудобрениями.

Таким образом, основная часть фосфора, калия, кальция и магния выносятся листьями, большая часть бора, меди и цинка – корнями. Азот сосредоточен приблизительно поровну в листьях.

Выводы

1. Содержание азота в корнях валерианы лекарственной составляет в среднем 1,89–2,28 %; P_2O_5 – 0,51–0,60 %; K_2O – 1,50–1,67 %; CaO – 1,16–1,29; MgO – 0,33–0,39. В листьях содержание элементов питания более высокое: N – 2,63–2,83; P_2O_5 – 1,41–1,51 %; K_2O – 3,30–3,63 %; CaO – 2,11–2,25; MgO – 0,69–0,72.

2. Процентное содержание азота в листьях в среднем в 1,4 раза выше, чем в корнях, содержание P_2O_5 в листьях в среднем в 2,5 раза выше, чем в подземных органах, содержание K_2O также наиболее высокое в листьях – в среднем в 2,3 выше, чем в корнях. При этом элементы питания в порядке убывания показателей их содержания располагались следующим образом: $N > K > Ca > P > Mg$.

3. В среднем растения валерианы потребляли из почвы 135,3–184,9 кг/га азота; 55,9–69,9 кг/га P_2O_5 ; 143,0–177,8 кг/га K_2O ; 96,4–120,1 кг/га CaO ; 29,1–37,0 кг/га MgO ; 74,7–101,7 г/га бора; 51,4–64,6 г/га меди и 171–210,7 г/га цинка. По количеству потребляемых элементов питания с единицы площади их можно расположить в следующем порядке убывания: $K > N > Ca > P > Mg$.

4. Содержание микроэлементов в корнях составило: В – 10,51–13,53; Cu – 6,46–9,64; Zn – 24,20–28,38 мг/кг. В листьях содержание микроэлементов более высокое: В – 11,22–14,33; Cu – 8,94–10,26; Zn – 25,75–33,50 мг/кг. При этом микроэлементы в порядке убывания располагались следующим образом: $Zn > B > Cu$.

5. Установлено, что с 1 т корней и соответствующим количеством листовой массы валерианы лекарственной выносятся 36,0–40,2 кг азота; 14,4–15,9 кг фосфора; 35,8–40,7 кг калия; 25,3–27,8 кг кальция; 7,7–8,7 кг магния; 18,8–22,1 г бора; 11,6–16,3 г меди и 41,8–48,9 г цинка. Основная часть фосфора, калия, кальция и магния выносятся листьями, большая часть бора, меди и цинка – корнями.

Литература

1. Брилева, С. В. Потребление основных элементов минерального питания растениями валерианы в течение вегетации / С. В. Брилева // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы : сб. науч. тр. / Грод. гос. аграр. ун-т. – Гродно, 2005. – Т. 4, ч. 1. – С. 15–18.
2. Семенихин, Д. И. Биологические особенности роста и развития валерианы лекарственной, зверобоя продырявленного в совместных посевах с однолетними культурами : дис. канд. биол. наук : 06.01.13 / Д. И. Семенихин. – М., 2007. – 169 л.
3. Анспок, П. И. Микроудобрения / П. И. Анспок. – Ленинград : Агропромиздат, 1990. – 272 с.
4. Агрохимия / И. Р. Вильдфлуш [и др.]. – Минск: Урожай, 1995. – 480 с.
5. Система применения удобрений : учеб. пособие / В. В. Лапа [и др.]; под науч. ред. В. В. Лапы. – Гродно : ГГАУ, 2011. – 416 с.

A. G. TARASEVICH, V. V. LAPA, G. M. MILOSTA

CHEMICAL COMPOSITION OF VALERIAN AND REMOVAL OF MINERAL NUTRITION ELEMENTS

Summary

The removal of macro and micro elements has been determined as a result of field research on sod-podzol sandy soils spread with thin loam in Grodno region.

It's established that on average valerian consumes from soil 135.3–184.9 kg/hectare of nitrogen; 55.9–69.9 kg/ha of P_2O_5 ; 143.0–177.8 kg/ha of K_2O ; 96.4–120.1 kg/ha of CaO; 29.1–37.0 kg/hectare of MgO; 74.7–101.7 g/ha of boron, 51.4–64.6 g/ha of copper and 171.0–210.7 g/ha of zinc. In respect of the quantity of the consumed nutrition elements per unit of area they can be put in the order of decrease: $K > N > Ca > P > Mg$. Per 10 c of roots and rhizomes leaves of valerian remove 36.0–40.2 kg of nitrogen; 14.4–15.9 kg of phosphorus; 35.8–40.7 kg of potassium; 25.3–27.8 kg of calcium; 7.7–8.7 kg of magnesium; 18.8–22.1 of boron; 11.6–16.3 of copper and 41.8–48.9 of zinc. The main part of phosphorus, potassium, calcium and magnesium is removed by leaves, most boron, copper and zinc – by roots and rhizomes.

УДК 633.1:632.768.12:632.952(476)

С. В. БОЙКО, О. Ф. СЛАБОЖАНКИНА

ПЬЯВИЦЫ р. *OULEMA* В АГРОЦЕНОЗАХ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР БЕЛАРУСИ

*Институт защиты растений, аг. Прилуки, Минский р-н, Беларусь,
e-mail: belizr@tut.by*

(Поступила в редакцию 02.12.2014)

Введение. Лимитирующими факторами урожайности зерновых культур наряду с болезнями являются вредные насекомые, особенно специализированные вредители из группы листогрызущих: два вида пьявиц и два вида листовых пилильчиков, которые могут вызывать от 5 до 10 % потерь урожая зерна. Из семейства листоеды (*Chrysomelidae*) в посевах яровых и озимых зерновых колосовых культур экономически значимыми вредителями являются пьявицы.

В Беларуси в 60-е годы XX века исследователи относили пьявиц к обычным вредителям умеренного хозяйственного значения. При учетах в посевах озимых зерновых культур насекомые составляли 0,4–2,2 %, яровых – 0,9–5,0 % от общей численности листогрызущих видов. В начале 80-х годов началось резкое нарастание численности пьявиц в Гомельской и Брестской областях и отдельных районах Могилевской области, сформировались очаги массового развития вредителей. По данным В. Ф. Самерсова [1], численность жуков пьявиц в фазе кушения ячменя ярового и овса в этих районах в 1980 г. составляла 268 особей на 100 взмахов сачком, в 1981 г. – 479–661 особи. Личинками было повреждено 96–100 % растений. В 1996 г. отмечен очаг пьявиц в Щучинском районе Гродненской области в посевах тритикале ярового. Количество жуков в кошнях в фазе начала стеблевания составляло 390 особей на 100 взмахов сачком, численность личинок – 1,5 особи на стебель при заселенности стеблей 58 %. Однако в эти годы пьявицы не имели экономического значения в посевах озимых зерновых культур. Расширение ареала пьявиц в агроценозах яровых и увеличение ее вредоносности на озимых культурах на территории Республики Беларусь отмечено с 2000 г.

Объекты и методы исследования. Объектами исследования являлись природные популяции видов пьявиц. Изучение видового состава пьявиц в агроценозах яровых и озимых зерновых культур, экологических и биологических особенностей доминантных видов и сезонной динамики их численности проводили на опытном поле Института защиты растений путем маршрутных обследований посевов зерновых в научных селекционных учреждениях и сортоиспытательных станциях и участков, в хозяйствах, расположенных в разных агроклиматических зонах республики.

В исследованиях использовали методы, принятые в энтомологии: почвенные раскопки, кошение энтомологическим сачком, наложение учетной рамки и др. Для установления мест зимовки и резерваций пьявиц осенью и рано весной анализировали послойно почвенные пробы и растительные остатки с 1,8 м² в 6–8-кратной повторности, отобранные в разных станциях.

Для определения степени повреждения (степени «объедания») листьев для листогрызущих вредителей использовали сокращенную шкалу, разработанную П. Г. Чесноковым [2]:

- 0 – растения не повреждены;
- 1 балл (следы повреждений) – потеря менее 5 % листовой поверхности;
- 2 балла (слабая поврежденность) – потеря от 5 до 25 %;
- 3 балла (средняя поврежденность) – потеря от 25 до 50 %;
- 4 балла (сильная поврежденность) – потеря от 50 до 75 %;
- 5 баллов (очень сильная поврежденность) – потеря от 75 до 100 % листовой поверхности.

Результаты и их обсуждение. Изменение климата в сторону потепления, ослабление организационно-хозяйственных мероприятий и применение комплекса агротехнических приемов в посевах зерновых культур Беларуси повлияло на увеличение численности и вредоносности пьявиц. Фитофаги ежегодно заселяют до 100 % обследуемых площадей зерновых в республике, но вредоносны только в сформированных очагах, что связано с их биологическими и экологическими особенностями. Основные очаги высокой численности пьявиц отмечены в посевах Гомельской, Минской и в отдельных районах Могилевской и Гродненской областей, где поврежденность листьев зерновых в годы массового их развития составляла до 70 % с интенсивностью повреждения, особенно флаг-листа – до 4 баллов по 5-балльной шкале.

По данным исследователей всей Европейской части бывшего СССР, Северного Кавказа, Средней Азии, Сибири и Казахстана, Германии, Франции, Швеции и Польши, где пьявицы имеют экономическое значение, а также по результатам наших исследований, указываются два вида пьявиц р. *Oulema*: синяя (*O. gallaeciana* Heyd. = (*O. lichenis* Voet.)) и красногрудая (*O. melanopus* L.).

Однако при фаунистическом анализе биологического материала учеными Беларуси И. К. Лопатиным и О. Л. Нестеровой [3] по имаго вредителя, собранных в агроценозах зерновых культур был определен еще один вид пьявиц – пьявица Эриксона (*O. erichsoni* Suffr.) и вид-двойник пьявицы красногрудой – *O. duftschmidi* Rdt. Виды-двойники *O. melanopus* L. и *O. duftschmidi* Rdt. являются синтопическими с очень близкими трофическими связями и биологией.

Анализ количественного соотношения видов пьявиц (табл. 1) свидетельствует, что в исследуемых станциях доминировала *O. melanopus* L.

Таблица 1. Виды-двойники пьявицы красногрудой в агроценозах зерновых культур по областям Беларуси

Место сбора, область	Культура	Количество имаго, ос.	
		<i>O. melanopus</i> L.	<i>O. duftschmidi</i> Rdt.
<i>1997 г.</i>			
Гродненская	Пшеница яровая	28	0
Минская		35	1
<i>2000 г.</i>			
Гомельская	Пшеница яровая	16	0
<i>2003 г.</i>			
Минская	Пшеница яровая	12	1
	Овес	37	3
	Ячмень яровой	8	0
	Рожь озимая	5	1
	Тритикале озимое	6	0
<i>2004 г.</i>			
Минская	Пшеница озимая	9	2
<i>2005 г.</i>			
Гродненская	Пшеница озимая	23	0
Минская		2	7
Гомельская	Пшеница яровая	28	1
Минская		11	1

В связи с потеплением климата наблюдаются изменения в доминировании видов пьявиц. Так, ареал пьявицы красногрудой, основными местами обитания которой являются агроценозы зерновых культур, возделываемых на легких почвах южных областей республики, расширяется в районах северной агроклиматической зоны Беларуси. Пьявица синяя получила наибольшее распространение в посевах центральной и северной зон на дерново-подзолистых и суглинистых почвах, из фонового вида стала доминирующим. Численность вредителей различалась по формам зерновых (яровые, озимые) и культурам (табл. 2).

В результате исследований установлено, что насекомые заселяют и повреждают все колосовые зерновые культуры (пшеницу, тритикале, ячмень, овес, рожь). В фазе стеблевания наи-

Таблица 2. Встречаемость доминантных видов пьявиц в агроценозах зерновых культур в фазе стеблевания (полевые опыты РУП «Институт защиты растений»), имаго на 100 взмахов сачком

Вид пьявицы	Яровые культуры				Озимые культуры			
	ячмень	пшеница	тритикале	овес	тритикале	пшеница	ячмень	рожь
2012 г.								
Синяя (<i>O. gallaeciana</i> Heyd.)	15	10	8	12	62	43	70	8
Красногрудая (<i>O. melanopus</i> L.)	2	3	2	2	12	2	2	1
2014 г.								
Синяя (<i>O. gallaeciana</i> Heyd.)	17	20	19	10	27	8	20	14
Красногрудая (<i>O. melanopus</i> L.)	7	9	5	4	11	6	12	10

большая численность вредителей отмечена в посевах ячменя озимого (0,6–0,7 ос/ст) и тритикале (0,4–1,04 ос/ст), пшеницы озимой (0,2–0,6 ос/ст), ржи (0,04 ос/ст). На яровых культурах в фазе стеблевания обнаружена более низкая численность фитофагов: на ячмене – 0,5 ос/ст, пшенице и тритикале – 0,3 ос/ед. учета, овсе – 0,2 ос/ст. Однако в годы массового развития в очагах (Гомельская область) плотность популяций пьявицы достигала 1,4–1,9 ос/ст. Как показали наши исследования, пьявицы многочисленнее на озимых формах, но вредоносны по сравнению с озимыми на яровых зерновых, которые насекомые заселяют на более ранних фазах развития (стадия развернутого 3-го листа – кущение), когда у растений идет закладка основных элементов урожая, поэтому воздействие на урожай более значительное. Основной вред растениям наносят личинки, в результате длительного и постоянного питания с фазы трубкования до фазы молочной спелости, личинки питаются на листьях разных ярусов, но основные повреждения наносят флаговому, второму, третьему сверху листьям. Максимальное питание насекомых приходится на фазу колошения, что отрицательно сказывается на формировании зерна и урожая в целом.

Биологические особенности, экология и типы повреждения видов пьявиц сходны. В условиях Беларуси красногрудая и синяя пьявицы развиваются в одном поколении.

Зимует имаго в почве на глубине 3 см в основном на полях, где происходило размножение и питание насекомых, а также в других биотопах: в лесах, лесополосах, садах, в трещинах и под корой деревьев. Регулирующим фактором выживаемости вредителей является температура почвы в зимний период. Следует отметить, что температурный режим в Беларуси в период зимовки обычно благоприятен для выживания вредителей. В 2000, 2007, 2011 и 2012 гг. температура почвы в зимний период на глубине 1–3 см колебалась от –8 до +1 °С, что способствовало высокой численности фитофагов. Однако в 2008, 2009 и 2013 гг. температура почвы достигала неблагоприятных для пьявиц значений –12...–9 °С (I декада января), вызывая гибель насекомых.

Выход жуков из зимовки определяется температурой почвы в весенний период. По нашим данным, имаго вылетают весной при прогревании дерново-подзолистой почвы на глубине 10 см до +10 °С. Массовый выход вредителя совпадал с установлением устойчивой температуры воздуха выше +15 °С: в годы исследований на опытном поле жуки появляются на поверхности почвы в последней декаде апреля – I декаде мая, что совпадало с фазой кущения – стеблевания озимых культур и стадией кущения яровых. В 2009 г. появление имаго пришлось на II декаду мая (в связи с низкой температурой воздуха – до +12 °С), в 2010–2011 гг. – на I декаду мая, в 2012 и 2014 гг. – на III декаду апреля – I декаду мая (в связи с повышением температуры воздуха до +23 °С). Жуки заселяли посевы зерновых культур в южной агроклиматической зоне в III декаде апреля, в центральной и северной – в I декаде мая.

Одновременно с заселением посевов жуками начинается их спаривание. Самки откладывают яйца преимущественно при солнечной погоде на все листья растений, чаще всего на их верхнюю сторону, – от 1 до 4 яиц в одной кладке. Период яйцекладки у перезимовавших жуков растянут и продолжается в зависимости от метеоусловий 1–1,5 месяца (май и I–II декады июня). Плодовитость самок составляет 225–310 яиц, но при более низкой температуре (до +16 °С) она снижается до 32 шт. Определяющим фактором выживаемости яиц является температура воздуха. Так, высокая гибель яиц отмечается при постоянной температуре ниже +13 °С и экстремальной влажности – от 45 % и ниже. Оптимальная температура для их развития – +17...+20 °С,

относительная влажность – 60–70 %. В целом под влиянием неблагоприятных абиотических факторов (температура и относительная влажность воздуха) на нижних листьях погибает до 85 % яиц вредителя.

Эмбриональный период длится 5–7 дней, отрождение личинок в связи с растянутостью периода откладки яиц продолжается от фазы кущения до начала образования зерна. Для отрождения личинок благоприятными условиями являются отсутствие осадков и установление среднесуточной температуры воздуха +17...+19 °С. Массовое отрождение и развитие личинок в посевах озимых культур отмечается в среднем в I декаде июня (колошение – начало цветения), в посевах яровых – во II декаде июня (стеблевание – флаг-лист).

Личинки пьявицы красногрудой окукливаются в почве на глубине 2–3 см, устраивая колыхельку из частичек почвы, а синей – на растениях в местах питания. Первые куколки на опытном поле были обнаружены во II декаде июня. Стадия куколки длится 10–17 дней при оптимальной температуре +18...+20 °С.

Отродившиеся жуки нового поколения появляются, в зависимости от агроклиматической зоны, в III декаде июля – I декаде августа. Вначале молодые жуки питаются на тех полях, где они отродились, повреждая листья подгона и злаковых сорняков. Позднее перелетают на поздние посевы овса, кукурузы, дикорастущих трав в леса и лесополосы и после дополнительного питания уходят на зимовку.

Оценка предпочтительности пьявицами сортов зерновых культур показала, что все сорта отечественной и иностранной селекции заселялись и были повреждены вредителями, также отмечена разница по привлекательности того или иного сорта для пьявиц. Вероятно, это связано с различным биохимическим составом растений и морфологическими особенностями, что подтверждается различной степенью их заселенности. Наиболее сильно повреждались позднеспелые сорта яровых и озимых культур по сравнению с среднеранними. Например, пьявицами наиболее сильно заселялись поздние сорта тритикале яровой Карго и Садко (0,24–0,32 ос/ст) по сравнению с среднеранними сортами Узор и Рубин (0,04–0,08 ос/ст). Заселение вредителем посевов пшеницы яровой на опытном поле РУП «Институт защиты растений» отмечено на сортах Рассвет и Тома с плотностью 0,3 ос/ст, на КСУП «Экспериментальная база «Натальевск» на сортах Дарья, Любава и Ласка в стадии флаг-листа – до 0,4 ос/ст.

Установлено, что в стадии 3-го узла – колошение позднеспелый сорт пшеницы озимой Сюита (0,44–0,84 ос/ст) в большей степени заселялся фитофагами по сравнению с среднеранним сортом Капылянка (0,2–0,6 ос/ст). В 2014 г. в условиях опытного поля РУП «Институт защиты растений» в стадии флаг-листа на отечественных сортах пшеницы озимой (Уздым, Легенда, Элегия, Сюита и Канвеер) численность пьявиц составила от 0,3 до 0,5 ос/ст; в стадии цветения – от 0,40 до 0,64 ос/ст на всех исследуемых сортах, в фазе образования зерен количество вредителей резко снизилось – 0,02–0,20 ос/ст. В полевых опытах КСУП «Экспериментальная база «Натальевск» при оценке различных сортов озимой пшеницы (Узлет, Уздым, Ядвіся, Ода, Элегия, Сюита) на заселенность растений пьявицами выявлено, что все сорта были заселены вредителями, наибольшая их численность установлена на сортах Элегия и Уздым (0,6 ос/ст), меньшая – на сортах Ядвіся, Ода и Узлёт (0,14–0,20 ос/ст). Из исследуемых 10 сортов пшеницы озимой в фазе флаг-листа на ГСХУ «Молодечненская сортоиспытательная станция» высокая заселенность растений пьявицами выявлена на сортах Набат (0,8 ос/ст), Капылянка (0,4 ос/ст), Перамога (0,32 ос/ст), Мроя (0,3), Элегия и Гирлянда (0,24). На сортах Караван, Каларыт, Балада и Ядвіся отмечена низкая численность личинок – от 0,04 до 0,02 ос/ст. На сортах ячменя озимого Кампан, Лестер и Современник заселенность стеблей пьявицами достигала 28,0 % при численности личинок до 0,9 ос/ст.

С целью определения целесообразности применения химических мероприятий на зерновых культурах нами по многолетним данным разработаны экономические пороги вредоносности (ЭПВ) пьявиц для разных агроклиматических зон республики и разных сортов пшеницы отечественной селекции с учетом затрат на химическую обработку и закупочной цены зерна (табл. 3, 4).

Для формирования ассортимента инсектицидов по защите зерновых культур от пьявиц по фазам развития культур на опытном поле РУП «Институт защиты растений» проведена оценка биологической и хозяйственной эффективности препаратов с разными механизмами действия и действующими веществами.

Таблица 3. ЭПВ пьявиц в посевах зерновых культур, возделываемых в разных агроклиматических зонах республики, ос/ст.

Культура	Агроклиматическая зона республики		
	южная	центральная	северная
Ячмень яровой	0,5–0,7	0,6–0,9	0,8–1,2
Тритикале яровое	0,4–0,6	0,5–0,7	0,7–0,9
Пшеница яровая	0,4–0,6	0,5–0,7	0,7–0,9
Ячмень озимый	0,4–0,6	0,5–0,7	0,7–0,9
Тритикале озимое	0,6–1,0	0,8–1,2	1,0–1,6
Пшеница озимая	0,6–1,0	0,6–0,9	0,8–1,2

Примечание. В южной агроклиматической зоне, где температура воздуха 20 °С и выше, порог вредоносности необходимо уменьшить на 0,7–0,9, в северной агроклиматической зоне при температуре воздуха ниже 15 °С – увеличить на 1,3–1,6.

Таблица 4. ЭПВ пьявиц в фазе трубкавания на сортах пшеницы яровой и озимой отечественной селекции

Культура, сорт	Пьявицы, ос/ст	Культура, сорт	Пьявицы, ос/ст
<i>Рекомендованные ЭПВ</i>		<i>Рекомендованные ЭПВ</i>	
Пшеница яровая	0,5–0,7	Пшеница озимая	0,6–0,9
<i>Уточненные ЭПВ</i>		<i>Уточненные ЭПВ</i>	
Рассвет	0,8	Легенда	0,5–0,7
Дарья	0,7	Ядвіся	0,7–1,0
Тома	0,6	Сюіта	0,6–0,8

Результаты исследований эффективности инсектицидов в период вегетации против пьявиц свидетельствует о том, биологическая эффективность препаратов системного действия: актара, ВДГ (0,1 кг/га), биская, МД (0,2–0,3 л/га), борей, СК (0,12 л/га), кинфос, КЭ (0,15–0,25 л/га) и эфория, КС (0,15–0,20 л/га), и контактного действия: децис профи, ВДГ (0,03) и децис эксперт, КЭ (0,1) против пьявиц в посевах яровых составила 82,5–93,3 %, в посевах озимых – 93,6–99,3 %. За счет снижения численности вредителей сохраненный урожай зерна ячменя ярового составил 2,4–6,7 ц/га, или 4,5–17,0 %, тритикале ярового – 2,0–8,1 ц/га, или 3,7–26,6 %, пшеницы яровой – 3,1–3,4 ц/га, или 4,6–4,7 %, тритикале озимого – 1,3–4,4 ц/га, или 2,5–6,7 %, ячменя озимого – 1,2–2,2 ц/га, или 1,8–3,3 %, пшеницы озимой 1,5–6,0 ц/га, или 4,3–9,5 % по отношению к урожаю в варианте без применения инсектицида.

Заключение. Изучение экологии и биологии пьявиц в условиях Беларуси показало, что основным фактором, влияющим на динамику выхода жуков из почвы, продолжительность периода от откладки яиц до появления личинок L_4 возраста является температурный режим: похолодание может приостановить развитие вредителя на 7–18 дней. Интенсивность повреждения сорта также зависела от его скороспелости, структуры посевных площадей сельскохозяйственных культур и расположения по отношению к сформировавшимся очагам повышенной численности вредителей.

Пьявицы заселяют и повреждают все колосовые зерновые культуры, но предпочтительнее озимые, однако наиболее вредоносны по сравнению с озимыми на яровых зерновых. Изучена вредоносность и разработаны ЭПВ вредителей для зерновых культур, разных агроклиматических зон республики и сортов пшеницы отечественной селекции. Приведены результаты биологической и хозяйственной эффективности инсектицидов в период вегетации в снижении численности и вредоносности пьявиц.

Литература

1. Самарсов, В. Ф. Интегрированная система защиты зерновых культур от вредителей / В. Ф. Самарсов. – Минск, 1988. – 206 с.
2. Чесноков, П. Г. Устойчивость зерновых культур к насекомым / П. Г. Чесноков // Сов. наука. – М., 1956. – 306 с.
3. Нестерева, О. Л. Виды-двойники в фауне листоедов (Coleoptera, Chrysomelidae) Восточной Европы и Северной Азии / О. Л. Нестерева, И. К. Лопатин / Вест. Белорус. ун-та. Сер. 2: Хим. биол. геогр. – 2002. – № 2. – С. 39–42.

CEREAL LEAF BEETLE OULEMA IN AGROCOENOSIS OF CEREAL CROPS OF BELARUS

Summary

The study of cereal leaf beetle in Belarus shows that such species of leaf beetle as *O. gallaeciana* Heyd. = (*Oulema lichenis* Voet.) and *O. melanopus* L. belong to dominating cereal crop pests from leaf beetle family (*Chrysomelidae*). In agrocoenosis located in the Central agroclimatic zone of the republic species-double *O. duftschmidi* Rdt. of *O. melanopus* L. is found.

It's established that prevalence of cereal leaf beetle and biology of its development is influenced by the change of environmental conditions in the republic, an agroclimatic zone of crop cultivation, host-plant features, granulometric soil composition, soil temperature during winter and spring periods, and air temperature at egg laying, larva and pupa development stages. Harmfulness is studied, and harmfulness thresholds for cereal crops, different agroclimatic zones of the republic and wheat varieties of the domestic breeding are developed. The results of biological and economic effectiveness of insecticides in the decrease of the number and harmfulness of pests are presented.

ЖЫВЁЛАГАДОЎЛЯ І ВЕТЭРЫНАРНАЯ МЕДЫЦЫНА

УДК 636.4.082.265

И. П. ШЕЙКО¹, Л. А. ТАНАНА², И. С. КОСКО¹, Н. В. ПРИСТУПА¹, А. Ч. БУРНОС¹

РЕПРОДУКТИВНЫЕ КАЧЕСТВА СВИНОМАТОК ПРИ СКРЕЩИВАНИИ С ГИБРИДНЫМИ ХРЯКАМИ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ МЯСНЫХ ПОРОД

*¹Научно-практический центр НАН Беларуси по животноводству, Жодино, Беларусь,
e-mail: belniig@tut.by*

²Гродненский государственный аграрный университет, Беларусь

(Поступила в редакцию 01.12.2014)

Анализ состояния развития свиноводства показывает, что, несмотря на происходящие структурные изменения в животноводстве, эта отрасль в большинстве стран развивается динамично и производство свинины устойчиво возрастает. Очень важно, что темпы роста получения свинины опережают рост увеличения поголовья, это свидетельствует об интенсификации отрасли благодаря внедрению достижений в селекции свиней, вовлечению в сферу производства высокопродуктивных пород и широкому использованию скрещивания и гибридизации, а также совершенствованию технологии выращивания и откорма свиней [1, 2].

Интенсификация свиноводства и перевод отрасли на промышленную основу повысили требования к уровню и направлению продуктивности свиней, что привело к необходимости решения ряда задач, одной из которых является рациональное использование генетических ресурсов, направленных на улучшение откормочных и мясных качеств товарного молодняка при сохранении высокой воспроизводительной способности. Как свидетельствует мировой опыт свиноводства, все эти качества трудно объединить в одной породе из-за низкой эффективности одновременной селекции по многим признакам. Наиболее быстрый способ решения этой проблемы в товарном производстве – использование в скрещивании специализированных мясных пород свиней [3, 4].

Однако наряду с мясной продуктивностью товарного молодняка не меньшее экономическое значение имеют и воспроизводительные качества маток. В связи с этим целью наших исследований явилось изучение продуктивных качеств свиней отечественной и импортной селекции при породно-линейной гибридизации.

Объекты и методы исследований. Исследования проводили в ОАО «Агрокомбинат «Скидельский», филиал «Желудокский агрокомплекс», Щучинского района Гродненской области в 2013–2014 гг.

Для проведения исследований были сформированы четыре группы свиноматок, по 15 гол. в каждой: в I группу вошли свиноматки генотипа (БКБ×БМ)×Д немецкой селекции (контрольная); во II группу – свиноматки генотипа (БКБ×БМ)×(Д×П), в III группу – (БКБ×Й)×(Д×П), в IV группу – (Л×Й)×(Д×П) (опытные). Репродуктивные качества свиноматок оценивали по следующим показателям: многоплодие (гол.), масса гнезда при рождении (кг), молочность (кг), сохранность поросят к отъему (%), масса гнезда при отъеме в 35 дней (кг).

Подопытное поголовье находилось в одинаковых условиях кормления и содержания. Животных подбирали по принципу пар-аналогов с учетом возраста, живой массы, упитанности. Кормление свиней осуществляли полнорационными комбикормами в соответствии с технологическими параметрами, предусмотренными типовым проектом комплекса.

Все результаты исследований обработаны биометрически в пакете на персональном компьютере. Достоверность разницы определяли по критерию Стьюдента. При определении достоверности использованы следующие критерии: * $P \leq 0,05$, ** $P \leq 0,01$ и *** $P \leq 0,001$.

Результаты и их обсуждение. Изучение репродуктивных признаков импортных и отечественных свиноматок при скрещивании с хряками пород дюрок и дюрок и пьетрен немецкой селекции показало, что наиболее высокими воспроизводительными способностями отличались свиноматки сочетания (БКБ×Й)×(Д×П), у которых многоплодие в среднем составило 12,0 гол., масса гнезда при рождении – 16,9 кг, молочность – 62 кг. По сравнению с контролем преимущество составило 1,4 гол. (11,7 %), 2,6 кг (15,4 %) и 9 кг (14,6 %), $P \leq 0,001$ соответственно (табл. 1).

У маток других сочетаний опытных групп соответствующие показатели репродуктивных качеств были несколько ниже: по многоплодию – на 0,7–0,8 гол. (5,9–6,7 %), массе гнезда при рождении – 0,1–0,5 кг (0,6–3,0 %), молочности – 3–5 кг (4,9–8,1 %). По массе поросенка при рождении самый высокий показатель имели поросята генотипа (БКБ×БМ)×(Д×П) – 1,50 кг, что на 0,15 кг (10,0 %) выше, чем у животных контрольной группы ($P \leq 0,001$). По сравнению с другими опытными группами (Л×Й)×(Д×П), (БКБ×Й)×(Д×П) по данному показателю превосходство составило 0,04–0,09 кг (2,7–6,0 %).

Таблица 1. Репродуктивные качества свиноматок различных генотипов

Сочетание генотипов (♀×♂)	Многоплодие, гол.	Масса поросят при рождении, кг		Молочность, кг
		гнезда	1 гол.	
<i>Контрольная группа</i>				
(БКБ×БМ)×Д	10,6±0,13	14,3±0,46	1,35±0,03	53±0,25
<i>Опытные группы</i>				
(БКБ×БМ)×(Д×П)	11,2±0,08***	16,8±0,18 ***	1,50±0,02***	59±0,22***
(БКБ×Й)×(Д×П)	12,0±0,21***	16,9±0,09 ***	1,41±0,01	62±0,21***
(Л×Й)×(Д×П)	11,3±0,12***	16,4±0,17 ***	1,46±0,02**	57±0,83***

Количество поросят при отъеме в 35 дней было выше у свиноматок опытной группы породного сочетания (БКБ×Й)×(Д×П) и составило 11,2 гол., что на 1,1 гол., или 9,9 % ($P \leq 0,001$) выше по сравнению с животными контрольной группы (табл. 2).

Таблица 2. Количество поросят и масса гнезда при отъеме

Сочетание генотипов (♀×♂)	При отъеме в 30 дней			Сохранность, %
	количество гол.	масса гнезда, кг	масса 1 гол., кг	
<i>Контрольная группа</i>				
(КБ×БМ)×Д	10,1±0,09	94,9±1,13	9,4±0,03	95,3
<i>Опытные группы</i>				
(БКБ×БМ)×(Д×П)	10,0±0,01	104,0±0,44***	10,4±0,09***	89,3
(БКБ×Й)×(Д×П)	11,2±0,03***	105,0±0,14	9,3±0,03***	93,3
(Л×Й)×(Д×П)	9,4±0,02***	90,2±0,05***	9,6±0,02***	83,2

Лучшей комбинационной сочетаемостью по массе гнезда при отъеме в 35 дней отличались свиноматки сочетания (БКБ×БМ)×(Д×П) – 105 кг ($P \leq 0,001$), они превышали животных контрольной группы по аналогичным показателям на 10,1 кг (9,7 %). По сравнению со свиноматками других опытных групп превосходство составило 1,0–14,8 кг (1,0–14,1 %), $P \leq 0,001$. Самые худшие показатели по количеству поросят и массе гнезда при отъеме отмечались у свиноматок из сочетания (Л×Й)×(Д×П), уступая животным контрольной группы на 0,7 гол., или 7 %, и 4,7 кг, или 5 %, ($P \leq 0,001$) соответственно.

Одним из основных показателей репродуктивных качеств свиноматок является показатель «сохранность поросят к отъему». В наших исследованиях в сочетаниях (БКБ×БМ)×(Д×П), (БКБ×Й)×(Д×П) и (Л×Й)×(Д×П) он был ниже на 2,0, 6,0 и 12,1 % соответственно по сравнению со свиноматками контрольной группы (95,3 %). Основной причиной в данном случае послужило то, что на нашем промышленном комплексе, где проводились исследования, в опытных группах использовались узкоспециализированные помесные хряки, требовательные к условиям содержания.

Важное значение в прогнозировании результативности подбора и фактического его проявления имеет размах или лимит варьирования признаков (табл. 3).

Таблица 3. Коэффициенты изменчивости репродуктивных признаков помесных свиноматок, %

Сочетание генотипов (♀×♂)	Многоплодие	Масса при рождении		Молочность
		гнезда	1 гол.	
<i>Контрольная группа</i>				
(КБ×БМ)×Д	4,60	7,96	12,5	1,84
<i>Опытная группа</i>				
(БКБ×БМ)×(Д×П)	2,92	4,07	5,51	1,43
(БКБ×Й)×(Д×П)	6,62	2,11	2,76	1,29
(Л×Й)×(Д×П)	4,24	3,94	4,17	2,39

Анализ величин коэффициентов изменчивости репродуктивных признаков маток различных генотипов показывает, что по показателям многоплодия высокий коэффициент вариации по данному показателю был у свиноматок генотипа (БКБ×Й)×(Д×П) – 6,62 %, что связано с их различной реактивностью по отношению к паратипическим факторам. Несколько меньше вариабельность по этим признакам была у маток контрольной группы (КБ×БМ)×Д – 4,60 %. Коэффициент изменчивости массы гнезда при рождении был высоким в группе животных генотипа (Л×Й)×(Д×П) – 7,96 %.

Изменчивость молочности свиноматок в большей мере определяется наследственными задатками матерей. По данному признаку у свиноматок исследуемых групп этот показатель находился в пределах 1,29–2,39 %.

Установлено, что у свиноматок сочетания (БКБ×БМ)×Д при отъеме поросят в 35 дней коэффициенты изменчивости по количеству поросят и массе гнезда при отъеме были наиболее высокими – 3,54–4,63 %. Это свидетельствует о том, что в данной группе маток поросята рождались как с высокими потенциальными возможностями к хорошему развитию и последующему откорму, так и не способные к быстрому росту (табл. 4).

Таблица 4. Коэффициенты изменчивости количества поросят, массы гнезда и массы одного поросенка при отъеме, %

Сочетание генотипов (♀×♂)	Отъем в 35 дней		
	количество поросят	масса гнезда	масса одного поросенка
<i>Контрольная группа</i>			
(БКБ×БМ)×Д	3,54	4,63	1,06
<i>Опытные группы</i>			
(БКБ×БМ)×(Д×П)	0,46	1,63	3,41
(БКБ×Й)×(Д×П)	1,18	0,58	1,11
(Л×Й)×(Д×П)	0,63	0,21	0,68

В целом анализ изменчивости показателей репродуктивных признаков свидетельствует о влиянии модификационных факторов на проявление данных признаков.

Для совершенствования методов селекции большое значение имеет изучение характера и типа взаимосвязи селекционируемых признаков у животных различного направления продуктивности.

Отмечена высокая положительная фенотипическая коррелятивная связь во всех группах между количеством поросят при отъеме и массой гнезда при отъеме (0,68–0,74), что и подтверждает биологическую закономерность: масса гнезда при отъеме тем выше, чем больше в ней жизнеспособных поросят (табл. 5).

В результате исследований установлено, что взаимосвязь между количеством живых поросят при рождении и крупноплодностью во всех группах отрицательная (–0,22...–0,19).

Взаимосвязь количества живых поросят при рождении с молочностью свиноматок во всех группах была положительной средней величины (0,30–0,34). Не удалось установить какой-ли-

Таблица 5. Уровень взаимосвязи между репродуктивными признаками свиноматок

Коррелируемые признаки	Сочетание генотипов (♀×♂)			
	(КБ×БМ)×Д	(БКБ×БМ)×(Д×П)	(БКБ×Й)×(Д×П)	(Л×Й)×(Д×П)
Многоплодие × крупноплодность	-0,19	-0,20	-0,22	-0,21
Многоплодие × молочность	0,30	0,32	0,34	0,31
Многоплодие × масса поросенка при отъеме в 35 дней	0,19	0,24	0,22	0,20
Многоплодие × масса гнезда при отъеме в 35 дней	0,38	0,40	0,47	0,45
Крупноплодность × молочность	0,34	0,38	0,42	0,44
Крупноплодность × масса гнезда при отъеме в 35 дней	0,36	0,39	0,42	0,40
Количество поросят при отъеме × масса гнезда при отъеме	0,68	0,72	0,74	0,70
Молочность × масса гнезда при отъеме в 35 дней	0,56	0,60	0,64	0,65
Количество поросят при отъеме × масса поросенка при отъеме	-0,10	-0,12	-0,09	-0,12

бо закономерности у свиноматок породных сочетаний по взаимосвязи следующих признаков: количество живых поросят при рождении × масса поросенка при отъеме в 35 дней (0,19–0,24), количество живых поросят при рождении × масса гнезда при отъеме в 35 дней (0,38–0,47), крупноплодность × масса гнезда при отъеме в 35 дней (0,36–0,42).

Во всех группах исследуемых свиноматок между крупноплодностью и молочностью в большинстве групп отмечалась положительная корреляционная связь средней величины (0,34–0,44).

Между молочностью и массой гнезда при отъеме величина коэффициента корреляции составляла 0,56–0,65, причем более высокие показатели наблюдались у свиноматок следующих сочетаний: (БКБ×Й)×(Д×П) – 0,64, (Л×Й)×(Д×П) – 0,65. Полученные результаты свидетельствуют о том, что селекция на молочность приобретает особенно важное значение, так как способствует увеличению пометов, имеющих при отъеме высокую живую массу.

Низкая отрицательная корреляция была отмечена во всех сочетаниях между количеством поросят при отъеме и массой поросенка при отъеме в 35 дней (–0,12...–0,09), что в условиях опыта дает возможность оценивать свиноматку лишь по одному из этих признаков, тем самым упростив систему оценки.

Выводы

1. Скрещивание гибридных маток (БКБ×Й) с хряками (Д×П) обеспечивает достаточно высокий уровень репродуктивных признаков данного сочетания: многоплодие – 12,0 гол., масса гнезда при рождении – 21,6 кг, молочность – 62 кг.

2. По показателю многоплодия высокий коэффициент вариации был у свиноматок генотипа (БКБ×Й)×(Д×П) – 6,62 %, что связано с их различной реактивностью по отношению к паратипическим факторам.

3. Установлена высокая и средней величины положительная фенотипическая коррелятивная связь во всех группах между количеством поросят и массой гнезда при отъеме (0,68–0,74), количеством живых поросят при рождении и молочностью (0,30–0,34), крупноплодностью и молочностью (0,34–0,44), молочностью и массой гнезда при отъеме (0,56–0,65), причем более высокие показатели коэффициентов корреляции установлены в сочетаниях (БКБ×Й)×(Д×П) – 0,64, (Л×Й)×(Д×П) – 0,65. В связи с этим селекция на молочность приобретает особенно важное значение, так как способствует увеличению пометов, имеющих при отъеме высокую живую массу.

Литература

1. *Bosch, M.* Mybridschweinezucht in Deutschland / M. Bosch, E. Kalm // Schweinewelt. – 1996. – N 5. – S. 9–14.
2. *Никитченко, И. Н.* Продуктивность свиней исходных генотипов при создании новой мясной породы / И. Н. Никитченко, В. В. Горин, Л. З. Гильман // Создание новых пород с.-х. животных : сб. науч. тр. – М., 1987. – С. 148–153.
3. Продуктивность чистопородных и помесных маток при скрещивании с хряками белорусской мясной породы / Л. А. Федоренкова [и др.] // Зоотехническая наука Беларуси : сб. науч. тр. – Минск, 2001. – Т. 36. – С. 72–75.
4. *Buchanan, D. S.* The Crossbred Boar / D. S. Buchanan // Pig news Inform. – 1988. – Vol. 9, N 3. – P. 269–275.

I. P. SHEYKO, L. A. TANANA, I. S. KOSKO, N. V. PRISTUPA, A. Ch. BURNOS

REPRODUCTIVE QUALITIES OF SOWS WHEN CROSSED WITH HYBRID BOARS OF SPECIALIZED MEAT BREEDS

Summary

The research on reproductive qualities of pigs of domestic and foreign breeding have been conducted in order to improve fattening and meat qualities of the young and maintain reproductive capacity. It is determined that crossing of hybrid sows (БКБ×Й) with terminal boars (Д×П) ensures a sufficiently high level of reproductive qualities of sows of this combination (БКБ×Й)×(Д×П) multiple pregnancy rate – 12.0 animals, litter weight – 21.6 kg, milk rate – 62 kg.

УДК 636.2.087.7:582.282

В. М. ГОЛУШКО, М. А. НАДАРИНСКАЯ, А. И. КОЗИНЕЦ, О. Г. ГОЛУШКО, Т. Г. КОЗИНЕЦ

СУБСТРАТ ПОСЛЕ ВЫРАЩИВАНИЯ ГРИБА ВЕШЕНКА ОБЫКНОВЕННАЯ (*PLEUROTUS OSTREATUS*) В КОРМЛЕНИИ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

Научно-практический центр НАН Беларуси по животноводству,
Жодино, Беларусь, e-mail: serovDV@mail.ru

(Поступила в редакцию 18.02.2015)

Широкое использование сельскохозяйственных отходов, в частности соломы злаков, в качестве корма для животных ограничивается содержанием в ней лигноцеллюлозного комплекса, состоящего из целлюлозы, гемицеллюлозы и лигнина. Лигнин препятствует доступу гидролитических ферментов – целлюлаз и гемицеллюлаз – к их субстратам. Следовательно, предварительная биоделигнификация растительных кормов – наиболее перспективный способ повышения их качества. Сплоченный комплекс лигноцеллюлозы в растительном волокне лучше переваривается жвачными животными, если он разлагается на фракции: лигнин, целлюлозу и гемицеллюлозу. Микроорганизмы рубца способны лучше переваривать деградированный комплекс лигнина, следовательно, микробный белок становится питанием для жвачных [1, 2].

В природе биодеструкция целлюлозных и лигнинсодержащих субстратов базидиальными грибами представляет собой многоступенчатый полиэнзиматический процесс, где ведущими факторами являются внеклеточные целлюлазы, ксиланазы, протеиназы, пектиназы и целый комплекс окислительных ферментов. Последовательное взаимодействие определенных групп ферментов, выделяемых грибами, приводит к изменению биополимеров субстрата, в результате чего образуются низкомолекулярные олигомеры и мономеры, т. е. деградирующие сложные органические субстраты в растворимые вещества. Эти трансформированные легкоусвояемые вещества используются грибами для восполнения энергетических потребностей, а также в многочисленных процессах метаболизма [3–5].

В процессе микробиологического разложения субстратов, содержащих лигнин, образуются разнообразные соединения как фенольной, так и нефенольной природы, которые могут выполнять ростовые, индукторные, корригирующие и целый ряд других функций [6, 7].

Способностью к разложению лигнина и целлюлозы растительных волокон обладают базидиомицеты – высшие грибы с многоклеточным мицелием, синтезирующие экстрацеллюлярные ферменты, в том числе лигнинпероксидазу. Представителем базидиомицетов, способных разрушать лигноцеллюлозный комплекс, является гриб вешенка обыкновенная (*Pleurotus ostreatus*) [1, 3, 8].

В результате промышленного выращивания вешенки с использованием соломы злаковых культур на предприятиях в больших количествах образуются отходы – отработанный субстрат (около 5 кг субстрата на 1 кг грибов). Субстрат представляет собой солому с неравномерным распределением грибницы вешенки белого цвета, оставшейся после сбора грибов, который создает экологические и экономические проблемы.

По сравнению с исходным компонентом – соломой – отработанный субстрат после культивирования твердофазной культуры гриба *Pleurotus ostreatus* содержит 18–24 % сухого вещества, в котором находится более высокое количество протеина и меньше сырой клетчатки [3, 9]. Все это свидетельствует об улучшении кормовой ценности сухого вещества отработанного субстрата по сравнению с соломой.

Реализация принципа безотходного производства является важным фактором повышения эффективности сельскохозяйственного производства, поэтому в кормлении сельскохозяйственных животных должна быть использована вся побочная продукция перерабатывающей промышленности и сельского хозяйства, обладающая потенциальной питательной ценностью [9, 10]. Важным положительным фактором технологии улучшения кормовой ценности соломы в данном случае является принцип получения экономической выгоды предприятий не только от производства гриба вешенки, но и от повышения качества грубого корма (соломы) для использования его в кормлении сельскохозяйственных животных.

Цель исследований – изучение эффективности использования отработанного субстрата твердофазной культуры гриба *Pleurotus ostreatus* в кормлении молодняка крупного рогатого скота.

Материалы и методы исследования. Изучение эффективности скармливания отработанного субстрата *Pleurotus ostreatus* проводили на поголовье молодняка КРС в условиях ГП «Жодино-АгроПлемЭлита» Смолевичского района Минской области в 2014 г.

Для первого научно-хозяйственного опыта формировали три группы животных старше 6-месячного возраста, по 15 гол. в группе, средней живой массой в начале опыта 85 кг. Различия в кормлении телят первого научно-хозяйственного опыта заключались в том, что молодняку II опытной группы в составе рациона скармливали 0,4 кг (на голову в сутки) отработанного субстрата вешенки обыкновенной и гидрогумата; аналоги III опытной группы получали по 0,4 кг субстрата без добавления гидрогумата; животные I группы служили контролем. Кормовую добавку вводили в рацион телят в два приема вместе с общей раздачей грубых кормов. При 10-дневном периоде приучения опытное скармливание отработанного субстрата проводили в течение 90 дней. Гидрогумат в количестве 60 мл на субстратный блок вводили внутрь отработанного блока с равномерным распределением.

Для проведения второго научно-хозяйственного опыта были сформированы две группы бычков со средним живым весом 225 кг, по 40 гол. в каждой. Ежедневно опытным аналогам скармливали по 1,5 кг отработанного субстрата, который вводили в рацион животных в два приема вместе с общей раздачей объемистых кормов. После 10-дневного приучения кормовой добавки опытное скармливание субстрата проводили в течение 5 мес.

Для установления более точной картины метаболических процессов при введении в рацион молодняка КРС добавки на основе отработанного субстрата у животных брали кровь из яремной вены в начале и в конце опыта (у 5 гол. каждой группы) на изучение морфофункциональных и биохимических показателей крови. Гематологический профиль животных на откорме исследовали по окончании скармливания субстрата.

В крови определяли содержание эритроцитов и гемоглобина с использованием автоматического анализатора «Medonic CA-620». В сыворотке крови – содержание общего белка и его фракций, глюкозы, мочевины, холестерина, общего билирубина, АлАТ, АсАТ, амилазы, ЛДГ, общего кальция, фосфора неорганического, креатинина – на автоанализаторе Cormay Lumen (BTS 370 Plus).

Минеральный состав и соли тяжелых металлов в кормах и крови определяли методом атомно-абсорбционной спектроскопии на анализаторе ААС-3.

Учет кормов проводили путем контрольного кормления в два смежных дня еженедельно. Живую массу телят контролировали в том же временном диапазоне по данным ежемесячных перевесок поголовья.

Физиологические исследования по переваримости проводили на годовалом молодняке крупного рогатого скота в условиях ГП «Жодино-АгроПлемЭлита». Согласно схеме кормления, животные контрольной группы получали силос злаково-бобовый (по поедаемости) и комбикорм (1,6 кг). Различия в составе рационов состояли в том, что бычкам II опытной группы дополнительно скармливали 0,8 кг субстрата вешенки.

При проведении исследований использовали субстрат, полученный после 2–3 волн плодоношения грибов в ОАО «Александрийское» Шкловского района Могилевской области. Изучение энзиматической и антиоксидантной активностей проводили в Институте микробиологии НАН Беларуси по соответствующим методикам: марганецпероксидазу и лаказу – по Н. Wariishi et al.

(1992); ферментативную активность целлюлазы – по ГОСТ Р 53046–2008; антиокислительную активность – по А. Н. Капичу (1991).

Биохимический состав (сухое вещество, азот, жир, зола) и физико-химические показатели проб мяса длиннейшей мышцы спины и средней пробы говядины, взятой в реберной области, определяли в лаборатории биохимических исследований РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по животноводству» по методике «Оценка качества мяса» (утв. ВНИИМС, Оренбург, 1972).

Результаты и их обсуждение. В процессе роста гриб *Pleurotus ostreatus* синтезирует множество внеклеточных ферментов, принимающих участие в модификации и разрушении лигнина. В отработанном субстрате, полученном после выращивания плодовых тел грибов, энзиматическая активность лигнолитических ферментов лакказы, марганецпероксидазы увеличивается после двух волн съема грибов (табл. 1).

Т а б л и ц а 1. Динамика активности ферментов субстрата в процессе твердофазного культивирования *Pleurotus ostreatus* (в сухом веществе), МЕ/г

Длительность культивирования, сут	Целлюлаза	Марганец-пероксидаза	Лакказа
2	2,19 ± 2,19	–	–
5	7,17 ± 5,82	0,04 ± 0,03	0,15 ± 0,03
10	7,94 ± 3,96	0,07 ± 0,01	0,23 ± 0,09
15	20,92 ± 8,25	0,17 ± 0,05	0,58 ± 0,08
36 (1-я волна)	21,62 ± 4,34	0,19 ± 0,03	0,81 ± 0,12
46 (2-я волна)	23,40 ± 2,67	0,23 ± 0,11	1,39 ± 0,19
72 (3-я волна)	27,37 ± 0,63	0,11 ± 0,08	0,87 ± 0,20

При культивировании вешенки целлюлазная активность в отработанном субстрате после 2-й и 3-й волн возрастала до максимального количества – 23,4–27,37 МЕ в 1 г сухого вещества.

В процессе роста на твердых лигноцеллюлозных субстратах мицелий вешенки вызывает расщепление лигнина с образованием свободных фенольных соединений, обладающих антиоксидантными свойствами, кроме того, сам грибной мицелий способен продуцировать антиоксиданты.

В первые 2–4 недели культивирования гриба на фоне активного обрастания грибным мицелием субстратных блоков, сопровождающееся потреблением питательных веществ субстрата, количество фенольных соединений не высокое, тогда как при переходе мицелия в фазу плодоношения наблюдается повышение содержания фенольных соединений – до 53,7 мг/100 г субстрата во время 2-й волны урожая (табл. 2).

Уровень антиоксидантной активности, коррелирующий с количеством фенольных соединений на стадии обрастания мицелием, субстратного блока с уровнем антиоксидантной активности спиртовых экстрактов составлял 42,6–49,9 % по сравнению с известным антиоксидантом – ионолом. В период плодоношения антиоксидантная активность повышается, что дало основание судить о сохранении достаточно высокого уровня в исследуемом корме антиоксидантов.

Т а б л и ц а 2. Содержание общих фенольных соединений и антиоксидантная активность субстрата в процессе твердофазного культивирования *Pleurotus ostreatus*

Длительность культивирования, сут	Общие фенольные соединения, мг/100 г субстрата	Антиоксидантная активность, %
14	22,1 ± 0,5	42,60 ± 1,3
28	24,4 ± 0,8	49,95 ± 2,4
36 (1-я волна)	27,9 ± 1,1	68,65 ± 3,8
46 (2-я волна)	53,7 ± 2,0	55,85 ± 2,5
72 (3-я волна)	42,9 ± 1,5	52,90 ± 0,3

В отработанном субстрате было установлено следующее содержание: сухого вещества – 188–226 г/кг, сырого протеина – 15,5–20,3 г/кг, сырого жира – 1,7–2,7 г/кг, сырой клетчатки – 34–68 г/кг,

крахмала – 4,4–10,0 г/кг, сахара – 4,7 г/кг, кальция – 4,7–11,8 г/кг, фосфора – 0,6–0,7 г/кг, магния – 0,35 г/кг, железа – 45,3 мг/кг, меди – 0,9 мг/кг, марганца – 7,7 мг/кг, кобальта – 0,06 мг/кг, витамина Е – 17,8 мг/кг.

Рационы для молодняка полугодовалого возраста должны обеспечивать полную и равномерную нагрузку работы преджелудков и кишечника животных. Норма сухого вещества на 100 кг живой массы телят в первом научно-хозяйственном опыте удовлетворялась полностью – 2,6 кг. Количество кормовых единиц на 1 кг сухого вещества составило 1,09–1,07, обменной энергии – 11,8–11,6 МДж, сырого протеина – 140 г. Кальций-фосфорное соотношение в контрольной группе составило 0,54, тогда как с вводом субстрата, отходов грибоводства, в опытной группе оно снизилось до 0,42, за счет технологического аспекта приготовления соломы под субстрат. Уровень клетчатки в рационе молодняка старше 6 мес должен составлять не более 1/3 всех углеводов, или 200–300 г сырой клетчатки на 1 кг сухого вещества. Это создает необходимый объем и физическую структуру рациона, что необходимо для стабильного переваривания питательных веществ. В рационах подопытных телят количество клетчатки составило 221–224 г на 1 кг сухого вещества.

Обеспеченность кальцием телят с вводом субстрата повысилась на 29,7 %, магния – 7,7 %, калия – 9,6 %, натрия – на 22 % при практически одинаковом количестве фосфора в рационе.

Интенсивность течения окислительно-восстановительных процессов в организме подопытного молодняка полугодовалого возраста направлена преимущественно на активный рост (табл. 3). Опытные аналоги II и III групп превзошли контроль на 5,4 и 7,6 %. Содержание эритроцитов было выше на 11,9 % в обеих группах, что идентифицирует высокую интенсивность окислительной активности крови и повышенную активность метаболизма.

Содержание общего белка с увеличением срока скармливания изучаемой добавки находилось в пределах допустимого норматива. Следует отметить, что при скармливании субстрата вешенки, не обогащенного гидрогуматом, в сыворотке крови телят содержание общего белка снизилось на 2,1 % по сравнению с контролем.

Концентрация мочевины в сыворотке крови опытных аналогов с течением срока скармливания снизилась на 17,5 % во II группе и на 20 % в III группе, что указывает на активность использования данного метаболита белкового обмена на синтетические процессы в организме, тогда как в контроле данный метаболит по окончании срока скармливания повысился на 15,8 %.

Т а б л и ц а 3. Биохимические показатели крови телят

Показатель	I группа	II группа	III группа
Гемоглобин, г/л	9,2	9,7	9,9
Эритроциты, 10 ¹² /л	4,02	4,50	4,50
Общий белок, г/л	72,4	73,0	70,9
Альбумины, г/л	41,0	41,2	39,1
Глобулины, г/л	31,4	31,8	31,8
Глюкоза, ммоль/л	5,00	4,40	4,30
Мочевина, ммоль/л	3,80	4,00	3,10
Билирубин, мкмоль/л	4,90	4,60	4,30
Триглицериды, ммоль/л	0,27	0,33	0,30
Холестерин, ммоль/л	3,20	3,30	3,40
Креатинин, мкмоль/л	69,7	66,7	72,2

При анализе углеводного обмена подопытного поголовья установлено, что на фоне недостаточного уровня сахара в рационе и при интенсификации синтетических процессов наблюдалось снижение уровня глюкозы в крови аналогов из II и III групп – на 12 % ($P < 0,01$) и 14 % соответственно. Однако объяснением этого факта является повышение использования энергетических материалов для ускоренного метаболизма и ограничение возможности их восполнения. Поскольку показатель не вышел за пределы допустимого биохимического предела нормы, можно отметить, что в организме телят, получавших отработанный субстрат вешенки, углеводный обмен шел активнее, чем у контрольных аналогов при одинаковых условиях кормления.

Липидный обмен животных, который можно охарактеризовать по концентрации холестерина и триглицеридов в сыворотке крови, улучшился с вводом субстрата вешенки. Концентрация холестерина повысилась на 3,1 и 6,3 % во II и III группе соответственно. Количество триглицеридов в крови опытных аналогов с течением срока скармливания добавки увеличилось в 1,4 раза во II группе и в 1,3 раза в III группе при снижении данных в контроле по сравнению с начальным результатом в 1,1 раза. Такая разница в контроле обоснована в первую очередь низким содержанием сырого жира в рационе телят, что свидетельствует об улучшении усвоения сырого жира из кормов рациона при скармливании отработанного субстрата вешенки.

Энзимная активность сыворотки крови подопытных телят свидетельствует об увеличении синтеза АсАТ после ввода отработанного грибного субстрата. Разница с контролем составила 15,7 % во II группе и 23,2 % в III группе, что свидетельствует об интенсивности синтетических процессов переаминирования, подтверждаемом коэффициентом де Ритиса, равном в опытных группах 1,4, тогда как в контроле он составил 1,02.

При анализе концентрации кальция в крови телят после скармливания субстрата по сравнению с контролем установлено, что у молодняка II группы наблюдалось его повышение на 2,4 %, III группы – на 4,8 %.

Содержание магния в крови телят II группы повысилось на 8,4 % при неизменном результате в III группе. Количество калия в крови по сравнению с контролем увеличилось на 12,8 % в образцах телят из II группы и на 3,6 % по результатам анализов в III группе. Уровень натрия в крови контрольных животных через 3 мес исследований снизился на 5,3 %, тогда как после скармливания субстрата с гидрогуматом повысился на 5,5 %. При поедании животными субстрата вешенки без гуминовой добавки в крови телят наблюдаемое снижение составило 4,6 %, что было в пределах биохимической нормы. Разница с контролем после скармливания субстрата с и без использования гидрогумата составила 6,3 и 3,0 %.

При анализе концентрации железа в крови подопытных телят установлено, что при скармливании субстрата с добавкой гидрогумата наблюдалось повышение его содержания на 3,1 % на фоне снижения уровня этого микроэлемента в крови контрольных аналогов за три месяца опыта на 2,5 %. При вводе в рацион опытных аналогов III группы грибного субстрата без добавки вызвало снижение концентрации железа на 5,3 % по сравнению с контролем и на 5,7 % относительно результата до использования добавки.

Уровень цинка в крови контрольных телят с возрастанием периода выращивания снизился на 7,9 %, тогда как с вводом субстрата, как с гуминовой добавкой, так и без нее, наблюдалось увеличение количества микроэлемента в единице крови на 2,1 и 2,0 %, что превысило контроль на 4,6 и 3,5 % соответственно.

Количество марганца в контрольных образцах крови после трех месяцев исследований снизилось на 9,0 %, тогда как ввод грибного субстрата с гуминовыми веществами способствовал увеличению содержания его в крови опытных телят на 13,9 %, без добавки – на 4,2 %.

Концентрация меди в крови опытных аналогов II группы с вводом отработанного субстрата не изменилась, тогда как при скармливании субстрата аналогам из III группы отмечено уменьшение концентрации микроэлемента в крови на 4,0 % относительно результатов до использования новой добавки. Следует отметить, что с возрастанием срока выращивания количество меди в крови контроля повысилось на 3,2 %, при вводе субстрата с гидрогуматом – на 6,6 %.

Анализ данных ежемесячных перевесок свидетельствует о возрастающей эффективности применения новой кормовой добавки. Через месяц после начала ее ввода живая масса молодняка, получавшего субстрат с гидрогуматом, повысилась на 16,5 %. После трех месяцев использования изучаемой добавки опытные животные превосходили контрольных аналогов на 7,2 %. Валовой прирост телят, полученный за весь период скармливания субстрата с гидрогуматом, был выше контрольных результатов на 3,9 кг и субстрата без добавки – на 4,35 кг.

Валовой прирост опытного поголовья после месяца скармливания субстрата превысил контрольный результат на 16,7 и 16,4 %. Через два месяца скармливания новой добавки наблюдалось снижение прироста, однако после трех месяцев ввода субстрата опытные телята превосходили контрольный показатель во II и III группах на 4,5 и 4,8 % соответственно.

Анализ рационов молодняка крупного рогатого скота старше 12-месячного возраста свидетельствует об удовлетворении потребности животных в основных питательных веществах (кроме сахара). Согласно структуре рационов, у подопытных бычков сочные корма занимали 43,8–46,0 %, грубые (сено злаковое и субстрат) – 11,5–14,4 % и концентраты – 41,8–42,5 %.

Обеспеченность сухим веществом составила 1,08–1,07 кг на 1 к. ед., на 1 кг сухого вещества приходилось 10,09–9,98 МДж обменной энергии, 136,7–135,1 г сырого протеина, 240–245 г. Существенной разницы в обеспеченности рациона макро- и микроэлементами между подопытными группами выявлено не было.

В окислительно-восстановительной системе крови организма опытных бычков, согласно показателям морфофункциональных свойств эритроцитов, наблюдалась тенденция к интенсификации метаболизма. Количество эритроцитов, показателя гомеостаза, идентифицирующего активизацию обмена, увеличилось в крови опытных аналогов на 8,1 % на фоне повышения концентрации гемоглобина на 8,7 %. Гематокритная величина крови превысила контрольный показатель на 9,4 %.

Уровень гемоглобина в крови опытных телят свидетельствует о высокой активности происходящих в организме животных процессов. Показатели концентрации гемоглобина и среднечеточного гемоглобина после скармливания субстрата вешенки были выше контроля, что подтверждает более высокую активность течения обменных процессов в организме.

Биохимические показатели сыворотки крови телят после скармливания отработанного субстрата в некоторой степени подтверждают усиление окислительно-восстановительных реакций и увеличение расхода энергетических субстратов в организме опытных животных (табл. 4). В сыворотке крови опытных животных отмечено незначительное снижение уровня общего белка, разница с контролем составила 1,7%.

Понижение концентрации мочевины в крови молодняка опытных групп на 3,5 % связано с тем, что в организме у них превышение анаболических процессов над катаболическими было более выражено.

Т а б л и ц а 4. Биохимические показатели крови телят

Показатель	I контрольная группа	II опытная группа
Общий белок, г/л	71,6	69,0
Альбумины, г/л	30,0	29,5
Глобулины, г/л	31,6	30,5
Глюкоза, ммоль/л	5,23	5,13
Мочевина, ммоль/л	5,38	5,2
Билирубин, мкмоль/л	4,50	4,40
Триглицериды, ммоль/л	0,35	0,23
Холестерин, ммоль/л	3,13	3,20
Креатинин, мкмоль/л	86,0	86,1

При изучении показателей углеводно-жирового обмена была установлена тенденция к некоторому снижению концентрации глюкозы в крови телят опытной группы. Это является вторым этапом после увеличения численности эритроцитов и напряженности кислородного обмена – более интенсивное использование энергетических резервов для биосинтетических процессов в организме животных. Это предположение более чем очевидно, поскольку наблюдалось уменьшение такого энергетического субстрата, как триглицериды – на 14,3 %, тогда как уровень одной из фракции общих липидов, холестерина, повысился на 2,2 %.

Анализ показателей общего билирубина, цветного пигмента, относящегося к ядовитым метаболитам организма, в образовании которого участвуют погибшие эритроциты, свидетельствует, что в крови опытных аналогов этот показатель снизился на 2,2 %. Это еще одно свидетельство повышения интенсивности метаболических процессов.

Повышение активности биосинтетических процессов требует коррекции аминокислотного пула к потребности организма, о чем свидетельствует увеличение активности АсАТ. Это под-

тверждает коэффициент де Ритиса, равный 1,23 у опытных животных при 1,05 у контрольных аналогов.

Неоспоримым фактом является то, что растущие животные для формирования органов и тканей используют значительное количество минеральных веществ, усвоение которых во многом зависит от уровня элементов в рационе и типа кормления.

В результате исследований установить какие-либо существенные различия в концентрации кальция и фосфора не удалось. Это служит подтверждением сбалансированности рационов по этим элементам, о чем также свидетельствует отношение кальция к фосфору, которое в рационах было оптимальным.

Скармливание бычкам отработанного субстрата вешенки способствовало уменьшению в крови калия – на 10,6 %, при избытке этого макроэлемента в рационе, натрия – 4,6 %, железа – 8,6 % ($P < 0,05$), меди – на 2,4 %. Концентрация цинка и марганца повысилась на 4,7 и 7,5 %.

Основными показателями выращивания животных являются живая масса и скорость роста, которые находятся в прямой зависимости от количества и качества потребленного ими корма. Данные динамики роста молодняка крупного рогатого скота свидетельствуют, что введение в рацион бычков субстрата вешенки оказало положительное влияние на изменение живой массы и среднесуточных приростов.

По результатам второго научно-хозяйственного опыта установлено, что бычки II опытной группы росли более интенсивно, чем контрольные животные, которым не скармливали отработанный субстрат вешенки. Так, за период опыта они увеличили свою массу на 141,9 кг, что на 14,4 кг, или 11,3 %, больше ($P < 0,05$), чем их сверстники из контрольной группы. Среднесуточный прирост бычков опытной группы повысился от 850 до 946 г, или на 11,3 %. Разница среднесуточных приростов между контрольной и опытной группами была достоверной ($P < 0,05$).

При проведении балансовых исследований на откормочном молодняке было установлено, что животные подопытных групп потребляли практически одинаковое количество сухого вещества – 3,81–3,82 кг, жира – 196–204 г, протеина – 512–529 г, клетчатки – 802–755 г (табл. 5).

Т а б л и ц а 5. Коэффициенты переваримости питательных веществ рациона, %

Показатель	I контрольная группа	II опытная группа
Сухое вещество	58,4 ± 0,3	60,7 ± 1,3
Органическое вещество	59,4 ± 0,6	62,5 ± 0,7*
Протеин	56,5 ± 3,3	59,3 ± 1,8
Жир	58,1 ± 3,6	60,9 ± 1,0
Клетчатка	40,0 ± 2,5	43,3 ± 2,3
БЭВ	67,4 ± 0,7	70,3 ± 0,6*

Использование в составе рациона субстрата вешенки способствовало повышению переваримости сухого вещества на 2,3 %, органического вещества – 3,1 ($P < 0,05$), жира – 2,8, протеина – 2,8, БЭВ – 2,9 ($P < 0,05$) и клетчатки – на 3,3 %.

Влагоудерживающая способность мяса бычков, получавших субстрат вешенки, увеличилась на 4,7 %, увариваемость – на 2,4 %. Показатель рН-фактора мяса имел достоверное снижение показателя на 3,7 %. При сравнении содержания витамина А в печени опытных аналогов установлено превосходство контрольного результата на 4,5 %. При определении цветового показателя мяса установлено, что в образцах опытной группы наблюдалось его снижение на 8,0 %.

Анализ полученных результатов по химическому составу мяса свидетельствует, что в средних образцах говядины, полученной от бычков опытной группы, наблюдается достоверное снижение содержания жира – на 25,7 ($P < 0,001$) и золы – на 30,5 %. Количество протеина было выше контрольного показателя на 2,1 %.

При сравнении опытных проб длиннейшей мышцы спины с контрольными образцами установлено, что содержание протеина повысилось на 14,2 % ($P < 0,001$) при снижении содержания жира на 33,8 % ($P < 0,05$).

Таким образом, при использовании отработанного субстрата вешенки в составе рациона молодняка на откорме технологические свойства, токсико-биологические показатели мяса

и длиннейшей мышцы спины и печени находятся в пределах данных контрольных животных. Химический состав и органолептические показатели мяса и длиннейшей мышцы спины от опытных аналогов выигрывали по сравнению с контрольными пробами.

Выводы

1. Использование в рационах молодняка крупного рогатого скота до 12-месячного возраста отработанного соломенного субстрата вешенки увеличивает среднесуточные приросты животных на 5,0 %. Введение в рационы молодняка крупного рогатого скота до 12-месячного возраста соломенного субстрата вешенки, обработанного гидрогуматом, повышает среднесуточный прирост на 4,4 %.

2. Включение в рационы молодняка крупного рогатого скота старше 12-месячного возраста 1,5 кг отработанного соломенного субстрата вешенки повышает переваримость питательных веществ на 2,3–3,3 % и увеличивает среднесуточный прирост на 11,3 % ($P < 0,05$).

3. Скармливание молодняку крупного рогатого скота в составе рациона отработанного субстрата гриба вешенка обыкновенная не оказывает отрицательного влияния на химический состав и органолептические показатели мяса.

Литература

1. Лобанок, А. Г. Мицелиальные грибы как продуценты белковых веществ / А. Г. Лобанок, В. Г. Бабицкая. – Минск: Наука и техника, 1981. – 104 с.
2. Проценко, Г. И. Технология получения кормовых средств из отходов сельскохозяйственных растений / Г. И. Проценко, В. В. Киреева, И. В. Борадачева // Расчет и конструирование машин для кормопроизводства и животноводства. – 1987. – С. 83–87.
3. Использование базидиальных грибов в технологиях переработки и утилизации техногенных отходов: фундаментальные и прикладные аспекты (обзор) / Н. А. Куликова [и др.] // Прикл. Биохим. Микробиол. – 2011. – Т. 47, № 6. – С. 619–634.
4. Hatakka, A. Lignin-modifying enzymes from selected white-rot fungi: production and role in lignin degradation / A. Hatakka // FEMS Microbiol. Rev. – 1994. – Vol. 13, N 2–3. – P. 125–135.
5. Hatakka, A. Biodegradation of lignin / A. Hatakka // Biopolymers. Biology, Chemistry, Biotechnology, Applications. Vol. 1. Lignin, Humic Substances and Coal; eds. M. Hofrichter, A. Steinbuchel. – Weinheim: Wiley-VCH, 2001. – P. 129–180.
6. Wong, D. W. S. Structure and action mechanism of ligninolytic enzymes / D. W. S. Wong // Appl. Biochem. Biotechnol. – 2009. – Vol. 157, N 2. – P. 174–209.
7. Murad, H. A. Cellulase and dairy animal feeding / H. A. Murad, H. H. Azzaz // Biotechnology. – 2010. – Vol. 9, N 3. – P. 238–256.
8. Lundell, T. K. Lignin-modifying enzymes in filamentous basidiomycetes – ecological, functional and phylogenetic review / T. K. Lundell, M. R. Makela, K. Hilden // J. Basic. Microbiol. – 2010. – Vol. 50, N 1. – P. 5–20.
9. Алексеенко, О. М. Пищевая, лечебная и экологическая ценность грибов *Pleurotus ostreatus* / О. М. Алексеенко, М. Полішко, А. І. Вінніков // Вісн. Дніпропетр. ун-ту. Біологія. Екологія. – 2010. – Вип. 18, т. 1. – С. 3–9.
10. Голубев, О. В. Изучение состава и антибиотической активности субстратно-мицелиального комплекса вешенки устричной / О. В. Голубев, Л. М. Краснопольская // Актуальные проблемы инноваций с нетрадиционными природными ресурсами и создания функциональных продуктов: материалы II Рос. науч.-практ. конф. – М, 2003. – С. 208–209.

V. M. GOLUSHKO, M. A. NADARINSKAYA, A. I. KOZINETS, O. G. GOLUSHKO, T. G. KOZINETS

AFTER GROWING FUNGUS MEDIUM IN CATTLE FEEDING

Summary

Waste free production is an important factor of increasing the efficiency of agricultural production. That is why it's necessary to use nutrient by-products of agriculture and processing industry in cattle feeding.

The article deals with the results of the research on the influence of feeding the medium of *Pleurotus ostreatus* to young cattle. It's established that feeding calves with *Pleurotus ostreatus* promotes the increase of productivity, improvement of digestibility of nutrients and hematological indicators.

УДК 636.597.03

И. А. НИКИТИНА

ВЛИЯНИЕ НАПРАВЛЕННОГО ОТБОРА В РЯДЕ ПОКОЛЕНИЙ НА ПРОДУКТИВНЫЕ И МЯСНЫЕ КАЧЕСТВА УТОК КРОССА «ТЕМП»

*Витебская государственная академия ветеринарной медицины,
Беларусь, e-mail: nikiir@mail.ru*

(Поступила в редакцию 22.01.2015)

Введение. Для Беларуси высокоразвитое животноводство является основой обеспечения продовольственной безопасности страны, так как в этой отрасли производится около 60 % стоимости валовой продукции сельского хозяйства [1]. Значимую роль в этом играет птицеводство, которое является одной из эффективно развивающихся отраслей сельского хозяйства. Высокие темпы роста производства и потребления мяса птицы объясняются рядом взаимосвязанных факторов: высокая скороспелость птицы и эффективная отдача корма; более низкие затраты ресурсов по сравнению с производством других видов мяса и, соответственно, меньшая цена на конечную продукцию; диетические качества мяса птицы, активная его реклама как продукта здорового питания; отсутствие каких-либо религиозных или иных ограничений у потребителей [2].

В связи с широким развитием бройлерного птицеводства удельный вес утиного мяса в общем производстве этого продукта не высок. Однако высокая скорость роста, относительно низкие требования к условиям внешней среды, широкое распространение уток в различных климатических зонах, а также возможность использовать при выращивании их дешевые растительные корма местного производства – зеленую массу, корнеклубнеплоды, ботву, овощи и т.д. – способствуют в значительной степени популярности утководства [3].

Резкий спад поголовья водоплавающей птицы, вызванный социальными и экономическими условиями в начале 90-х годов XX века, приостановился. В настоящее время требования к качеству мяса и продуктивности уток повысились. Конкуренция на рынке утководческой продукции диктует селекционерам новые требования: они должны более оперативно изменять структуру той или иной породы, линии, кросса, работать с генетическим материалом, который придает птице новые свойства [4–5].

Прогресс данной отрасли требует постоянного селекционного улучшения птицы, своевременной ее оценки, использования новых признаков отбора, разработки современных методов и приемов племенной работы [6]. Адаптированные в течение многих поколений линии и кроссы птицы дают лучшие результаты по продуктивности и сохранности, чем вновь завезенные [7].

Особую значимость в утководстве имеют исследования, направленные на дальнейшее повышение уровня племенной работы, рациональное использование генофонда, совершенствование и широкое размножение сочетающихся линий для получения промышленных гибридов [8].

Цель работы – изучение влияния направленного отбора в ряде поколений на продуктивные и мясные качества уток кросса «Темп».

Материалы и методы исследований. Исследования были проведены в условиях филиала «Ольшевский племптице завод» ОАО «Песковское» Брестской области на утках кросса «Темп» в 2008–2011 гг. В течение трех поколений проводили отбор ремонтного молодняка по живой массе и экстерьеру в 46-дневном возрасте. Селекционные гнезда формировали на основании результатов, полученных при использовании селекционно-компьютерной программы отбора.

Разработанная система оценки утят позволяет получить общий балл по комплексу признаков. При данной системе оценки максимально потомок может получить 100 баллов, при этом 34 балла за собственную продуктивность (живую массу в 46-дневном возрасте) и 66 баллов за показатели отца и матери (по 33 балла от каждого родителя). В отцовской линии приоритетными считались показатели «оплодотворенность» и «выводимость яиц», а в материнской – «яйценоскость» и «вывод утят».

Результаты и их обсуждение. В каждом поколении оценивали продуктивность уток и мясные качества линейных и гибридных утят.

Данные по продуктивности уток отцовской линии T₁ кросса «Темп» за три поколения приведены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1. Продуктивность уток отцовской линии

Показатель	Поколение			
	F ₀	F ₁	F ₂	F ₃
Яйценоскость, шт.	138,2 ± 1,93	140,8 ± 1,69	143,3 ± 1,69	146,9 ± 1,51**
Масса яиц, г	87,1 ± 0,27	88,9 ± 0,23	89,3 ± 0,21	90,2 ± 0,24***
Половая зрелость, дней	196,1 ± 0,34	194,8 ± 0,43	192,8 ± 0,26	192,0 ± 0,32***
Сохранность уток, %	96,6	96,0	96,4	96,4
Выход инкубационных яиц, %	94,2 ± 0,87	94,7 ± 0,15	94,6 ± 0,12	94,9 ± 0,16
Оплодотворенность яиц, %	82,7 ± 0,75	82,8 ± 0,64	83,1 ± 0,76	84,1 ± 0,64
Выводимость яиц, %	76,2 ± 0,95	76,1 ± 0,97	76,6 ± 0,91	79,6 ± 0,73**
Вывод утят, %	63,6 ± 1,02	63,9 ± 0,97	63,7 ± 0,92	67,2 ± 0,76**

За три поколения яйценоскость уток отцовской линии по сравнению с F₀ повысилась на 8,7 шт. яиц, или 6,3 % ($P < 0,01$). Масса яиц достоверно увеличилась в третьем поколении на 3,1 г, или 3,6 % ($P < 0,001$). В отношении возраста половой зрелости прослеживалась динамика его снижения: если на начальном этапе этот показатель составлял 196,1 дня, то к третьему поколению он снизился до уровня 192,0 дня, или на 4,1 дня ($P < 0,001$). Оплодотворенность яиц в среднем по линии повысилась на 1,4 п.п., соответственно, показатели выводимости яиц и вывода утят также увеличились – на 3,4 и 3,6 п.п. ($P < 0,01$).

Яйценоскость и масса яиц уток материнской линии T₂ за три поколения повысилась на 6,9 шт. яиц, или 4,9 %, и 2,1 г, или 2,4 %, ($P < 0,001$) соответственно (табл. 2). На 3 дня сократился возраст наступления половой зрелости. Произошло незначительное (на 0,4 п.п.) снижение оплодотворенности яиц при увеличении показателей выводимости яиц и вывода утят – на 3,7 ($P < 0,001$) и 2,0 п.п. соответственно.

Т а б л и ц а 2. Продуктивность уток материнской линии

Показатель	Поколение			
	F ₀	F ₁	F ₂	F ₃
Яйценоскость, шт.	140,4 ± 1,34	143,1 ± 1,72	144,7 ± 1,65	147,3 ± 1,23***
Масса яиц, г	86,2 ± 0,24	87,8 ± 0,25	87,3 ± 0,20	88,3 ± 0,19***
Половая зрелость, дней	197,1 ± 0,36	196,3 ± 0,37	194,5 ± 0,39	194,1 ± 0,48***
Сохранность уток, %	97,0	96,2	96,5	96,4
Выход инкубационных яиц, %	94,3 ± 0,77	94,6 ± 0,11	94,8 ± 0,15	94,7 ± 0,12
Оплодотворенность яиц, %	85,2 ± 0,63	84,7 ± 0,74	85,0 ± 0,71	84,8 ± 0,78
Выводимость яиц, %	78,1 ± 0,79	77,6 ± 0,85	77,7 ± 0,74	81,8 ± 0,62***
Вывод утят, %	67,3 ± 0,96	66,2 ± 0,93	66,2 ± 0,84	69,3 ± 0,82

Основные показатели выращивания линейных и гибридных утят до 47-дневного возраста в течение трех поколений представлены в табл. 3. Так, наиболее высокая сохранность поголовья отмечена при выращивании гибридного молодняка – 97,5–97,6 %. В исходных линиях более жизнеспособными оказались утята отцовской линии, у которых показатель сохранности был выше, чем у утят материнской линии, – на 0,2–0,4 п.п.

По живой массе гибридные утята превосходили утят материнской линии на 3,9–4,9 % и имели незначительное превосходство над утятами отцовской линии. С повышением живой массы в течение трех поколений отмечено и снижение показателя «затраты корма» на 1 кг прироста живой массы утят. В исходных линиях данное снижение составило 0,04 кг, а у гибридных утят – 0,06 кг.

Т а б л и ц а 3. Результаты выращивания линейных и гибридных утят

Показатель	Поколение	Группы утят		
		T ₁	T ₂	T ₁ ×T ₂
Сохранность утят, %	F ₁	97,4	97,1	97,6
	F ₂	97,5	97,1	97,5
	F ₃	97,4	97,2	97,5
Живая масса 1 гол., кг	F ₁	3,15	3,03	3,15
	F ₂	3,18	3,05	3,20
	F ₃	3,20	3,09	3,21
Затраты корма на 1 кг прироста живой массы, кг	F ₁	2,90	3,02	2,89
	F ₂	2,88	3,01	2,84
	F ₃	2,86	2,98	2,83

В ходе исследований был рассчитан европейский показатель эффективности выращивания (ЕПЭВ) утят. В целом за три поколения во всех группах этот показатель увеличился на 3,4–5,9 ед., или 1,7–2,8 %. В последнем поколении наиболее высокого значения ЕПЭВ (215,3 ед.) достигли гибридные утята.

Данные анатомической разделки тушек линейных утят в 47-дневном возрасте за три поколения представлены в табл. 4.

Т а б л и ц а 4. Морфологический состав тушек линейных утят

Показатель	Поколение	Линия			
		T ₁		T ₂	
		Самцы	Самки	Самцы	Самки
Живая масса утят, г	F ₁	3158 ± 11,91	2987 ± 14,52	3050 ± 10,81	2870 ± 15,28
	F ₂	3272 ± 4,41	3088 ± 6,01	3173 ± 3,33	2967 ± 1,67
	F ₃	3317 ± 8,82	3130 ± 5,77	3210 ± 5,77	2988 ± 6,01
Выход потрошеной тушки, %	F ₁	63,1 ± 0,26	63,0 ± 0,32	62,0 ± 0,11	62,1 ± 0,71
	F ₂	63,5 ± 0,45	63,6 ± 0,16	62,6 ± 0,17	62,9 ± 0,28
	F ₃	64,1 ± 0,22	63,7 ± 0,16	62,8 ± 0,22	63,0 ± 0,37
Выход от потрошеной тушки, %: мышц	F ₁	34,4 ± 0,49	34,4 ± 1,00	34,1 ± 0,70	34,2 ± 0,46
	F ₂	35,3 ± 0,31	35,5 ± 0,26	34,8 ± 0,39	34,9 ± 0,19
	F ₃	35,5 ± 0,44	35,9 ± 0,24	35,2 ± 0,16	35,4 ± 0,20
кожи с подкожной клетчаткой	F ₁	36,5 ± 0,59	36,5 ± 1,07	36,4 ± 0,37	36,3 ± 0,21
	F ₂	36,3 ± 0,19	36,2 ± 0,51	36,1 ± 0,31	36,4 ± 0,43
	F ₃	36,0 ± 0,37	35,9 ± 0,06	36,0 ± 0,07	36,1 ± 0,24
костяка	F ₁	26,3 ± 0,14	26,3 ± 0,66	26,7 ± 0,47	26,8 ± 0,67
	F ₂	25,9 ± 0,16	26,0 ± 0,47	26,3 ± 0,18	26,3 ± 0,31
	F ₃	26,0 ± 0,12	25,8 ± 0,22	26,0 ± 0,26	25,9 ± 0,15
Отношение съедобных частей к несъедобным	F ₁	1,65 ± 0,01	1,66 ± 0,03	1,63 ± 0,01	1,61 ± 0,03
	F ₂	1,69 ± 0,01	1,71 ± 0,02	1,67 ± 0,01	1,66 ± 0,01
	F ₃	1,70 ± 0,01	1,71 ± 0,01	1,68 ± 0,02	1,67 ± 0,01

Живая масса самцов отцовской линии была выше на 5,7–6,0 % ($P < 0,001$) по сравнению с самками. В материнской линии данное превосходство составило 6,3–7,4 % ($P < 0,001$). На протяжении трех поколений живая масса селезней линии T₁ была на 3,1–3,5 % ($P < 0,01$, $P < 0,001$)

выше своих сверстников материнской линии. У уток данное различие было несколько выше и составило 4,1–4,7 % ($P < 0,01$, $P < 0,001$).

По выходу потрошенной тушки преимущество было на стороне селезней и уток отцовской линии. Первые превосходили своих сверстников на 0,9–1,3 п.п. ($P < 0,05$), а вторые – на 0,7–0,9 п.п. У селезней линии T_1 за три поколения произошло увеличение данного показателя на 1,0 п.п. и достигнут уровень 64,1 % ($P < 0,05$). Утки по выходу потрошенной тушки уступали селезням – за три поколения показатель увеличился на 0,7 п.п.

В материнской линии небольшое преимущество по выходу потрошенной тушки было на стороне самок. В третьем поколении данный показатель у них составил 63,0 % против 62,8 % у селезней.

Если проанализировать выход основных частей тушки, то значительная доля приходится на кожу и мышцы. У самцов отцовской линии за три поколения произошло увеличение на 1,1 п.п. выхода мышц от массы потрошенной тушки, при этом отмечено снижение на 0,5 п.п. доли кожи с подкожной клетчаткой и на 0,3 п.п. костяка. У самок этой линии выход мышц увеличился на 1,5 п.п. при снижении доли кожи с подкожной клетчаткой и костяка на 0,7 и 0,5 п.п. соответственно.

У утят материнской линии со сменой поколений наблюдалась аналогичная тенденция. Так, выход мышц от массы потрошенной тушки за три поколения увеличился на 1,1–1,2 п.п. и достиг уровня 35,2–35,4 %, доля кожи снизилась на 0,2–0,4 п.п., а костяк – на 0,7–0,9 п.п.

Отношение съедобных частей тушки к несъедобным у утят отцовской линии возросло от 1,65–1,66 в первом поколении до 1,70–1,71 в третьем поколении. У утят материнской линии величина данного отношения была несколько ниже – 1,61–1,63 и 1,67–1,68 соответственно.

В табл. 5 представлены результаты анатомической разделки тушек гибридных утят 47-дневного возраста.

Т а б л и ц а 5. Морфологический состав тушек гибридных утят в 47 дней

Показатель	Пол	Поколение			
		F ₀	F ₁	F ₂	F ₃
Живая масса утят, г	Самцы	3102 ± 4,4	3120 ± 15,2	3265 ± 5,0	3308 ± 6,0***
	Самки	2952 ± 6,0	2947 ± 8,8	3083 ± 8,8	3117 ± 3,3***
	В среднем	3027 ± 33,7	3033 ± 39,5	3174 ± 40,9	3213 ± 43,0*
Выход потрошенной тушки, %	Самцы	62,5 ± 0,45	62,6 ± 0,26	63,5 ± 0,32	64,1 ± 0,35
	Самки	62,8 ± 0,35	62,6 ± 0,45	63,6 ± 0,10	63,9 ± 0,09
	В среднем	62,6 ± 0,26	62,6 ± 0,24	63,6 ± 0,15	64,0 ± 0,17
Выход от потрошенной тушки, %: мышц	Самцы	35,0 ± 0,22	35,0 ± 0,56	35,6 ± 0,36	35,9 ± 0,18*
	Самки	35,0 ± 0,30	35,1 ± 0,47	35,5 ± 0,34	36,0 ± 0,26
	В среднем	35,0 ± 0,17	35,1 ± 0,33	35,6 ± 0,22	36,0 ± 0,14*
кожи с подкожной клетчаткой	Самцы	35,9 ± 0,18	36,4 ± 0,56	36,1 ± 0,23	35,8 ± 0,23
	Самки	36,0 ± 0,30	36,6 ± 0,28	36,0 ± 0,53	35,8 ± 0,38
	В среднем	36,0 ± 0,16	36,5 ± 0,28	36,0 ± 0,26	35,8 ± 0,20
костяка	Самцы	26,3 ± 0,41	25,9 ± 0,10	25,8 ± 0,11	25,9 ± 0,15
	Самки	26,0 ± 0,62	25,6 ± 0,24	26,0 ± 0,50	25,9 ± 0,10
	В среднем	26,1 ± 0,35	25,7 ± 0,14	25,9 ± 0,24	25,9 ± 0,08
Отношение съедобных частей к несъедобным	Самцы	1,63 ± 0,01	1,67 ± 0,01	1,71 ± 0,03	1,71 ± 0,01**
	Самки	1,65 ± 0,02	1,66 ± 0,01	1,71 ± 0,01	1,71 ± 0,02
	В среднем	1,64 ± 0,01	1,66 ± 0,02	1,71 ± 0,01	1,71 ± 0,01**

За три поколения живая масса гибридных утят в среднем увеличилась на 6,1 % ($P < 0,05$), тогда как у селезней данное превышение составило 6,6 % ($P < 0,001$).

По выходу потрошенной тушки значительных различий между самцами и самками не обнаружено. По сравнению с нулевым поколением произошло увеличение данного показателя в среднем на 1,4 п.п. – 64,1 % у селезней и 63,9 % у уток, что сопоставимо с результатами убойного выхода у утят отцовской линии.

К третьему поколению на 1,0 п.п. увеличился только выход мышц от массы потрошеной тушки ($P < 0,05$), а доля кожи с подкожной клетчаткой, как и костяк, снизилась на 0,2 п.п.

За счет увеличения массы мышц выросло и отношение съедобных частей тушки к несъедобным – от 1,63–1,65 до 1,71 ($P < 0,01$).

Анализ выхода всех групп мышц от массы потрошеной тушки (табл. 6) показал, что масса потрошеной тушки за изучаемый период увеличилась в среднем на 8,5 %, в том числе у самцов на 9,5 % ($P < 0,001$) и у самок – на 7,5 % ($P < 0,001$). На начальном этапе грудные мышцы от массы потрошеной тушки занимали 12,9 %, а их доля в общей массе мышц составляла 36,9–37,0 %. К третьему поколению эти показатели повысились на 0,7 и 0,9 п.п. ($P < 0,001$) соответственно. За изучаемый период выход ножных мышц от массы потрошеной тушки увеличился от 13,1 % только на 0,2–0,3 п.п., а их доля в общей массе мышц сократилась с 37,3–37,4 % на 0,2 п.п. Мышцы туловища составляли меньшую часть – их выход от массы потрошеной тушки во все периоды находился на уровне 9,0–9,1 %. Однако, несмотря на увеличение абсолютной массы мышц туловища за изучаемый период на 7,8–9,1 %, их доля по отношению к общей массе мышц снизилась с 25,6–25,8 % на 0,7 п.п.

Т а б л и ц а 6. Выход мышц от массы потрошеной тушки у гибридных утят 47-дневного возраста

Показатель	Пол	Поколение			
		F ₀	F ₁	F ₂	F ₃
Масса потрошеной тушки утят, г	Самцы	1938 ± 14,2	1952 ± 17,4	2075 ± 13,2	2122 ± 10,9***
	Самки	1853 ± 11,7	1845 ± 17,6	1962 ± 6,0	1993 ± 4,4***
	В среднем	1896 ± 20,7	1898 ± 26,3	018 ± 26,2	2058 ± 29,2***
Выход от потрошеной тушки, %: грудных мышц	Самцы	12,9 ± 0,06	12,9 ± 0,20	13,3 ± 0,27	13,6 ± 0,03***
	Самки	12,9 ± 0,09	12,8 ± 0,17	13,4 ± 0,23	13,6 ± 0,09***
	В среднем	12,9 ± 0,05	12,9 ± 0,22	13,3 ± 0,16	13,6 ± 0,04***
ножных мышц	Самцы	13,1 ± 0,18	13,2 ± 0,31	13,2 ± 0,24	13,3 ± 0,12
	Самки	13,1 ± 0,32	13,3 ± 0,20	13,3 ± 0,17	13,4 ± 0,06
	В среднем	13,1 ± 0,16	13,2 ± 0,17	13,2 ± 0,14	13,4 ± 0,06
мышц туловища	Самцы	9,0 ± 0,09	9,0 ± 0,12	9,1 ± 0,19	9,0 ± 0,10
	Самки	9,0 ± 0,15	9,0 ± 0,11	9,0 ± 0,17	9,0 ± 0,17
	В среднем	9,0 ± 0,08	9,0 ± 0,06	9,0 ± 0,11	9,0 ± 0,09

Заключение. Полученные результаты указывают на возможность использования системы оценки утят по комплексу признаков при отборе ремонтного молодняка уток. Формирование селекционной группы с учетом комплексной бальной оценки позволило за три поколения повысить продуктивность взрослого поголовья уток и мясные качества утят кросса «Темп».

По отцовской линии T₁ произошло увеличение яйценоскости уток на 6,3 %, вывода утят – на 3,6 п.п., снижение возраста достижения половой зрелости – на 2,1 %. По материнской линии T₂ рост яйценоскости составил 4,9 %, массы яиц – 2,4 %, вывода утят – 2 п.п. Живая масса гибридных утят повысилась на 6,1 %, масса потрошеной тушки – на 8,5 %. За счет увеличения массы мышц выросло и отношение съедобных частей тушки к несъедобным – от 1,63–1,65 до 1,71.

Литература

1. Попков, Н. А. Будущее животноводства республики Беларусь – в инновационном пути развития / Н. А. Попков // Наука – инновационному развитию общества: материалы 2-й Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 23 янв. 2014 г. / Нац. акад. наук Беларуси; редкол.: В. Г. Гусаков [и др.]. – Минск, 2014. – С. 511–521.
2. Фисинин, В. И. Тенденции развития мирового и отечественного птицеводства / В. И. Фисинин // Агрорынок. – 2005. – № 2. – С.4–7.
3. Лисицкая, Н. Н. Эффективность использования ряски в рационах молодняка уток / Н. Н. Лисицкая, Н. М. Былицкий / Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства: сб. науч. тр / Белорус. гос. с.-х. акад.; гл. ред. М. В. Шалак. – Горки, 2006. – Вып. 9. – Ч. 1. – С. 186–194.
4. Кутушев, Р. Кроссы уток БЦ 12 и БЦ 123 / Р. Кутушев // Птицеводство. – 2007. – № 6. – С. 13–15.

5. *Ройтер, Я. С.* Состояние и основные направления племенной работы с гусями / Я. С. Ройтер, Р. Р. Кутушев / Сб. науч. тр. ВНИТИП; под ред. В. И. Фисина. – Т. 85. – Сергиев Посад, 2010. – С. 3–8.
6. *Косьяненко, С. В.* Повышение продуктивных и воспроизводительных качеств уток методами селекции / С. В. Косьяненко. – Минск, 2003. – 64 с.
7. Селекция исходных линий родительских форм бройлеров на племзаводе «Красный Кут» / А. В. Егорова [и др.] / Сб. науч. тр. ВНИТИП ; под ред. В. И. Фисина. – Т. 85. – Сергиев Посад, 2010. – С. 9–17.
8. *Веремеенко, Р.* Селекционная работа с утками / Р. Веремеенко // Птицеводство. – 1991.– № 12. – С. 28–31.

I. A. NIKITINA

**INFLUENCE OF DIRECTIONAL SELECTION ON PRODUCTIVE AND MEAT QUALITIES OF DUCKS
OF THE TEMP CROSS**

Summary

The paper presents the results of the research on the influence of directional selection on productivity of ducks and meat qualities of line and hybrid ducks of three generations. The use of the estimation system of ducks allows increasing egg laying capacity of ducks by 4.9–6.3 %, hatching rate by 2.0–3.6 points, live weight of ducklings by 6.1 %, weight of a carcass – by 8.5 %.

УДК 639.3:591.5 (476)

В. Ю. АГЕЕЦ

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ РЫБОВОДСТВА В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Институт рыбного хозяйства, Минск, Беларусь, e-mail: belniirh@tut.by

(Поступила в редакцию 25.11.2014)

В настоящее время практически половина потребляемого человечеством объема рыбы приходится на продукцию, выращенную в искусственных условиях, или аквакультуре. Годовой прирост объемов производства продукции аквакультуры в мире составляет более 8 %, существенно опережая приросты производства других видов продовольствия. Между тем спрос на рыбу на мировом рынке продолжает расти, особенно в развитых странах.

Проблема обеспечения рыбой и рыбопродуктами настолько важна, что в специальном докладе ООН она выделяется отдельной графой в числе восьми других показателей, определяющих уровень продовольственной безопасности стран. В свою очередь, государства, не имеющие прямого выхода к морю, всесторонне стремятся компенсировать дефицит рыбопродуктов развитием рыбководства.

Рыба является незаменимым высококачественным продуктом питания людей, поэтому рациональными нормами потребления пищевых продуктов, утвержденными Министерством здравоохранения Республики Беларусь от 18.11.2003 г. №11-13/3921, предусмотрено среднелюдское потребление рыбы и рыбопродуктов (в зависимости от возраста и физической активности) от 16 до 24 кг на человека в год.

Принятая в Республике Беларусь Государственная программа развития рыбохозяйственной деятельности на 2011–2015 годы предусматривает не только опережающий рост производства товарной рыбопродукции, но и качественное изменение в структуре прироста производственных мощностей и перечне выращиваемых видов рыб. Прежде всего это касается строительства принципиально новых, сложных технических установок индустриального выращивания рыбы нетрадиционных для Беларуси объектов аквакультуры, таких как лососевые, осетровые рыбы и клариевый сом. Предполагается, что к 2015 г. суммарное производство свежей рыбы за счет продукции аквакультуры возрастет до 25,2 тыс. т в год. Актуальным остается и развитие традиционного прудового рыбководства, поскольку функционировать ему приходится в сложных экономических условиях при ограниченных материальных ресурсах (энергоносители, удобрения, корма) и постоянном росте их стоимости.

Рыбохозяйственная деятельность в Республике Беларусь представлена двумя основными направлениями: разведение и выращивание рыбы в искусственных условиях и ловля рыбы в рыболовных угодьях. Аквакультура страны включает прудовое рыбководство, выращивание рыбы в садках, бассейнах и в установках замкнутого водообеспечения. В этих направлениях работают специализированные рыбководные организации, фермерские хозяйства, индивидуальные предприниматели, физические лица и другие организации, у которых рыбководство не является основным видом деятельности.

Общая площадь прудового фонда, находящегося в ведении различных организаций, занимающихся разведением рыбы, составляет 26,45 тыс. га (табл. 1).

Таблица 1. Водный фонд Беларуси

Категории	Площадь, тыс. га	Протяженность, тыс. км
Пруды всех категорий	26,45	—
Озера	200,0	—
Водохранилища	79,94	—
Реки всех категорий	—	90,60
Каналы, включая мелиоративные	—	17,05
Итого	306,39	107,65

Основным видом выращивания остается карп, однако его доля снижена с 90 до 75 % в связи с наращиванием разведения толстолобика, белого амура, европейского сома, щуки (рис. 1). Главными задачами для рыбоводов Республики Беларусь в ближайшие годы является расширение видового состава, прежде всего за счет ускоренного наращивания объемов производства ценных видов рыб, таких как форель, осетровые и сомовые виды, а также качественное развитие ее переработки. Сейчас на их долю приходится около 1,5 % от общего объема производства.

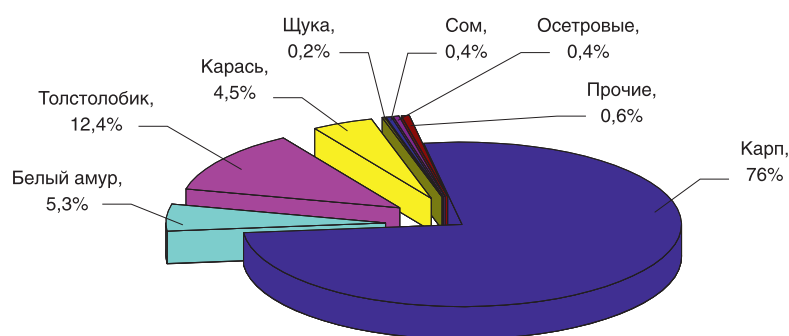


Рис. 1. Состав прудовой поликультуры в Беларуси

Рыбохозяйственной деятельностью в Республике Беларусь занимается 371 юридическое лицо, в том числе 20 специализированных прудовых рыбоводных хозяйства и 69 арендаторов и пользователей рыболовных угодий, осуществляющих промысловый лов рыбы.

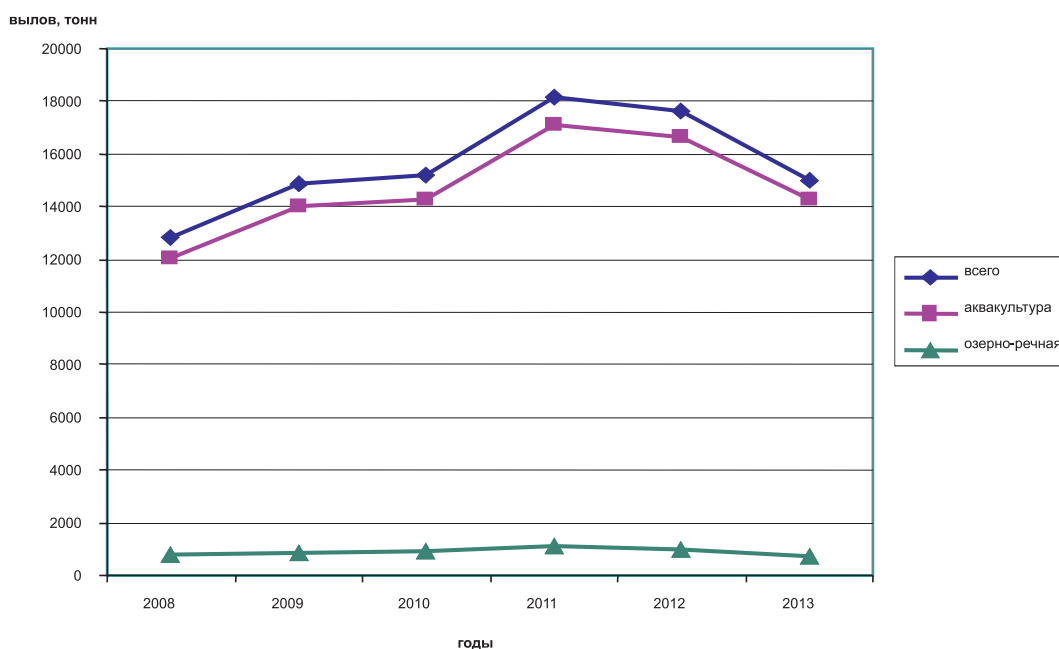


Рис. 2. Динамика производства рыбы в Республике Беларусь

Основные объемы рыбы в республике (более 80 %) производятся в прудовых хозяйствах, где выращивается до 17 тыс. т рыбы в год, в том числе до 13 тыс. т товарной. Производство прудовой рыбы в основном базируется на применении интенсивных технологий с поликультурой рыб и высоких плотностей посадок, использованием концентрированных кормов и удобрений. Это приводит к ухудшению среды выращивания рыбы, болезням, перерасходу концентрированных кормов, снижению рыбопродуктивности, а также к увеличению объема загрязненных сточных вод, сбрасываемых с прудов в открытые водотоки.

Прогрессирующее загрязнение природных вод вызывает озабоченность не только в нашей республике. В последние годы во всем мире идет процесс регулирования как национальных, так и транснациональных правовых актов, ставящий своей целью снижение нагрузки рыбохозяйственной деятельностью на природные воды. Аквакультура является одной из наиболее урегулированных отраслей в Европейском союзе. В настоящее время в странах ЕС соответствие нормативам по воде имеет ключевую важность в обеспечении качества воды для производства вкусной и безопасной пищевой продукции. Рамочная директива по водной среде (WFD), утвержденная в 2000 г., распространила сферу действия защиты на все воды и наметила цель – достижение к 2015 г. «хорошего состояния» европейских вод и устойчивого водопользования во всей Европе [1].

Подобные процессы идут и на других континентах. Так, рыбоводы Канады, одной из наиболее передовых стран в развитии аквакультуры, должны подписывать специальное соглашение о защите окружающей среды [2]. Обращение со сточными водами прописано у них в специальном плане управления аквакультурой [3]. В последние годы большое значение по обеспечению снижения негативного влияния аквакультуры на природные водоемы придается в Азиатском регионе [4]. Кроме того, Декларация Рио-де-Жанейро по окружающей среде и развитию обозначила, что охрана окружающей среды должна составлять неотъемлемую часть общего процесса развития и не должна рассматриваться отдельно от последнего [5].

Для Беларуси, где основное количество пресноводной рыбной продукции производится в прудовых рыбоводческих хозяйствах с применением органических, минеральных удобрений и концентрированных кормов, влияние рыбохозяйственной деятельности человека на природные водоемы и водотоки приводит к загрязнению вод водоприемников не утилизируемыми и экспортированными из пруда остатками кормов и удобрений. Научные исследования, проведенные сотрудниками Института рыбного хозяйства, подтвердили, что в разные годы основным источником загрязнения водоприемников в период массового сброса вод во время осеннего облова рыбы являются минеральные формы азота, органические и взвешенные вещества [6, 7].

Экологизация производства рыбы. В целях минимизации негативного влияния рыбохозяйственной деятельности на открытые водотоки первостепенной задачей является производство рыбы в рыбоводных хозяйствах республики с учетом экологических требований.

Нами разработаны основные пути решения экологических проблем в прудовом рыбоводстве республики, которые включают следующее:

– научно обоснованное применение удобрений в прудах: не допускать внесение удобрений при первых признаках чрезмерного развития фитопланктона (более 80 мг/л) или прозрачности воды менее 1/3 глубины пруда [9];

– использование поликультуры рыб в технологии производства, наиболее полно утилизирующей ресурсы пруда. В зависимости от экономического состояния применять ресурсосберегающую, пастбищную и традиционные технологии выращивания прудовой рыбы в поликультуре в соответствии с имеющимися технологическими регламентами [10]. Целесообразно использование комбинированных технологий. Так, в Венгрии для эффективного использования воды и питательных веществ была опробована комбинация интенсивной и экстенсивной систем (ИЭС). Принцип ИЭС включает в себя объединение производственных методов интенсивной и экстенсивной аквакультуры в единую интегрированную систему с целью реутилизации неиспользованных питательных веществ. В обычных прудах размещали садки, которые служили интенсивным модулем, а сами пруды при этом служили экстенсивным модулем. Максимальная реутилизация лишних питательных веществ при дополнительном производстве рыбы в пруде составила 13 % азота, 17 % фосфора и 9 % органического углерода [11];

– снижение использования в прудах отдельных дорогостоящих видов минеральных удобрений посредством частичной замены дешевыми отходами пищевой промышленности (остаточные пивные дрожжи, пивная дробина, спиртовая барда, фекационные осадки сахарного производства), которые полностью утилизируются в прудах [8];

– разработка интегрированных технологий, где рыба выращивается совместно с водоплавающей птицей (утками, гусями) или с животноводческими комплексами, при этом эффективно используются стоки или твердый навоз комплексов. Технологии интегрированного производства с сельскохозяйственными животными позволяют получать в водоемах комплексного назначения до 20–24 ц/га рыбы и до 4 ц/га водоплавающей птицы [12]. Система интеграции животноводческого хозяйства с рыбоводными прудами предложена в Польше. Проточная система, построенная на рыбоводных прудах и снабжаемая пресной водой, использует большое количество азота, фосфора и органического вещества. Предложенный модуль основан на системе, состоящей из четырех последовательно соединенных прудов, снабженных пресной водой, осуществляющей транспорт питательных веществ. Единственным искусственным источником питательных веществ и энергии являются жидкий навоз и поступающая вода [13].

Широкое распространение интегрированные производства получили в Китае. Они позволили снизить затраты на выращивание рыбы, получить добавочную продукцию и снизить биогенную нагрузку на водоприемники [14]. В Беларуси вследствие отсутствия разработанных технологий интегрированное рыбоводство и комбинированные технологии не практикуются, но их развитие позволит не только снизить биогенную нагрузку на окружающую среду, но и сделать более рентабельными рыбоводные хозяйства;

– перестройка традиционной поликультуры рыб в сторону доминирования растительноядных рыб, не требующих для своего роста концентрированных кормов. Это позволяет получать нормативную продуктивность за счет более полной утилизации кормовых ресурсов пруда и тем самым снизить биогенную нагрузку на водоприемники [15];

– применение рыбосевооборота на рыбоводных прудах как одного из вида ресурсосберегающей технологии в рыбоводстве. Рыбосевооборот позволяет увеличить производство рыбы и получать дополнительные урожаи растениеводческой продукции. Это частично решает проблему кормов для рыбы, позволяет выращивать продовольственные культуры для населения, оздоравливать неблагополучные по эпизоотическому состоянию рыбоводные хозяйства, а также снижать нагрузку на водоприемники по органическим и взвешенным веществам [16];

– использование автокормушек для кормления товарной рыбы. Как показывают результаты исследований, при отсутствии автокормушек только 64 % вносимого корма потребляется рыбами. Остальная органика минерализуется до различных стадий, в конечном итоге основная ее часть выносится во время спуска прудов в естественные водотоки. Кроме того, постоянный приток большого количества не утилизированной рыбами органики способствует ухудшению состояния экосистемы прудов, потреблению большого количества кислорода на ее окисление, развитию фитопланктона, и как следствие, может приводить к замору прудовой рыбы [17].

Очистка сбросных вод рыбоводных предприятий. Большинство рыбоводных хозяйств республики было построено в прошлом столетии (50–80 лет назад). Система очистки отработанной воды предусматривала только наличие сбросного канала и то не во всех рыбхозах. В настоящее время, когда требования к качеству сбрасываемой с рыбоводных предприятий воды ужесточились, очистка загрязненных вод с прудов приобрела первостепенное значение.

В последние годы в мире накоплен значительный опыт очистки сбросных вод и снижения негативных последствий для поверхностных водоемов от рыбоводческой деятельности. Все имеющиеся методы можно условно разделить на четыре группы:

- 1) механическая очистка (центрифугирование, осаждение, механическая фильтрация и др.);
- 2) химическая очистка (использование различных химических реагентов);
- 3) биологическая очистка (биофильтры, искусственные экосистемы, направленные непосредственно на очистку сбросных вод);
- 4) организационные мероприятия (поэтапный сброс, разбавление, совершенствование технологий облова).

Все представленные методы чаще всего используются в качестве звеньев комплексного подхода очистки сбросных вод.

Механическая очистка путем центрифугирования или фильтрования в основном применяется в промышленных системах замкнутого водоснабжения, где вода используется повторно. Как правило, такие системы работают в комплексе с биофильтрами и требуют больших затрат энергии. В последнее время интенсивно развиваются и внедряются в производственную практику новые материалы и сконструированные на их основе системы очистки воды промышленных систем [18, 19].

В прудах может применяться механическая очистка воды путем седиментации взвешенных веществ. Осадок с фильтров или прудов отстойников должен регулярно удаляться. Однако механическая очистка неэффективна в удалении растворенных органических и минеральных веществ, которые могут составлять основу загрязнений в сбрасываемой воде. Чаще всего такая очистка является одной из стадий комплексной системы очистки воды рыбоводческих или других сельскохозяйственных предприятий [20, 21].

При химической очистке воды используются реагенты, способствующие удалению растворенных и осаждению взвешенных веществ [22]. Для прудовых систем чаще всего применяется метод известкования [4, 23]. Однако применение химических реагентов является довольно затратным. Учитывать следует также и то, что сами реагенты могут не полностью удаляться из сбросной воды и негативно влиять на природные воды.

Биологические методы очистки в настоящее время приобретают все большую популярность как в промышленных установках (биофильтры), так и в прудовых хозяйствах. Кроме того, в последнее время интенсивно развивается ряд подходов очистки сбросных вод и одновременно получения дополнительной рыбной и растительной продукции за счет аккумуляции веществ, традиционно сбрасываемых рыбоводческими хозяйствами в естественные водоемы (минеральные азот и фосфор, органическое вещество). В последние десятилетия было повторно рекомендовано использование искусственных водно-болотных угодий в очистке сбросных вод как весьма эффективное. В экосистемах водно-болотных угодий содержание загрязнителей снижается благодаря естественным процессам утилизации их растениями. Взвешенные твердые частицы оседают и преобразуются в растворимые питательные вещества, используемые растениями водно-болотных угодий.

В Венгрии было установлено, что комплексная система очистки, включающая рыбоводные пруды, пруды с макрофитами и площадки с наземной растительностью удаляют из системы и аккумулируют в побочных продуктах производства 85–95 % минерального азота, фосфора и органического вещества. Такие системы позволяют получать прибыль из двух источников: они экономят расходы очистки сточных вод и продают новую продукцию, получая дополнительный доход [24, 25].

В Дании на экспериментальном форелевом хозяйстве, функционирующем в проточном режиме, была опробована эффективность функционирования очистного модуля, состоящего из шламоуловителей, биофильтров и водоочистных прудов с водными растениями. Сточная вода из производственных единиц после очистки в водоочистных сооружениях хозяйства (шламоуловителях, биофильтрах) поступает в водоочистные пруды, где растения продолжают удаление питательных веществ, обеспечивая конечную очистку сбросных вод перед их возвратом в реку [26]. Самоочищение сточных вод осуществляется в искусственно созданных гидробиоценозах, где в результате биотического круговорота веществ, включающего процессы создания, трансформации и разрушения органического вещества, самоочищение осуществляется по следующей схеме: пруды-накопители → водорослевые пруды → рачковые пруды → ботаническая площадка → рыбоводные пруды [21].

Имеются сведения об использовании перифитона для удаления различных, в особенности взвешенных, веществ из сбросной воды. В прудах или каналах сооружаются искусственные субстраты для перифитона (обрастаний), которые благодаря интенсивному развитию на них многочисленных растительных и животных организмов аккумулируют большое количество биогенных элементов и взвешенной органики [11, 27].

Основной сброс загрязнителей с прудов в поверхностные водоемы и водотоки республики осуществляется в период заключительного облова прудов, когда сбрасывается около 200 млн м³ воды, что составляет более 35 % от суммарного годового потребления. Усовершенствование организационных подходов к спуску прудов и облову может существенно снизить единовременное негативное влияние на водоприемники. Так, «аккуратный» облов с как можно менее интенсивным взмучиванием донных иловых отложений может существенно снизить сброс в водоприемники биогенных элементов, в большом количестве аккумулирующихся в грунтах.

Хорошие результаты также может дать известкование прудов за 10 суток до облова [6]. Если вода с нескольких прудов хозяйства сбрасывается в один канал, может быть применен поэтапный сброс таким образом, что бы нижние, самые загрязненные, горизонты воды одного пруда сбрасывались одновременно с верхними относительно чистыми горизонтами другого, т.е. имело место разбавление и снижение концентрации загрязняющих веществ на единицу объема сбрасываемой воды.

Выводы

В ближайшие годы, весьма актуальными будут научные исследования, направленные на решение экологических вопросов в рыбоводстве республики, а именно:

- разработка применительно к условиям Беларуси комбинированных и интегрированных технологий выращивания рыбы, которые позволят получать нормативную рыбопродуктивность при меньших кормовых затратах и снижении биогенной нагрузки на водоприемники;
- мониторинг качества сбросных вод в полносистемных рыбохозяйствах республики с целью разработки способов снижения концентраций загрязнителей;
- проведение почвенно-агрохимического картирования грунтов рыбоводных прудов в целях рационального использования химических мелиорантов, а также органических и минеральных удобрений;
- использование перифитонных модулей для повышения эффективности прудового рыбоводства и снижения биогенной нагрузки на естественные водные объекты;
- разработка ресурсосберегающих технологий, направленных на получение экологически чистой рыбной продукции.

В целях минимизации негативного влияния рыбохозяйственной деятельности на открытые водотоки первостепенной задачей является производство рыбы в рыбоводных хозяйствах республики с учетом экологических требований. В то же время следует отметить, что экологические проблемы производства рыбы нельзя в полной мере решить без экологизации всего сельского хозяйства и промышленности, так как от них в значительной степени зависит качество воды.

Литература

1. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council establishing a framework for Community action in the field of water policy, of 23 October 2000 // Official Journal of the European Communities. – 2000. – L. 327. – P. 1–72.
2. Moccia, R. An overview of aquaculture in Ontario / R. Moccia, S. Naylor, G. Reid // University of Guelph, Aquaculture Extension Centre Factsheet, Publ. – 1997. – N 96–102. – 4 p.
3. The scientific principles underlying the monitoring of the environmental impacts of aquaculture / T. Fernandes [et al.] // Journal of Applied Ichthyology. – 2001. – Vol. 17. – P. 181–193.
4. Kwei Lin, C. Management to minimize the environmental impacts of pond effluent: Harvest draining techniques and effluent quality / C. Kwei Lin, M. Shrestha, Yi. Yang // PD/A CRSP Sixteenth Annual Technical Report. – 2001. – P. 131–137.
5. United Nations (UN). Multilateral Convention on Biological Diversity (with annexes) / Concluded at Rio de Janeiro on 5 June 1992. – New York: United Nations, 1992. – 31 p.
6. Химический и биологический сток из рыбоводных прудов в открытые водотоки / И. Т. Астапович [и др.] // Рыбохозяйственное использование водоемов БССР. – Минск, 1988. – С. 98–101.
7. Адамович, Б. В. Структура фитопланктона прудов и системы водотоков рыбоводческого хозяйства «Вилейка» / Б. В. Адамович // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси. – Минск, 2012. – Вып. 28. – С. 167–179.
8. Воронова, Г. П. Использование в рыбоводстве нетрадиционных видов удобрений / Г. П. Воронова // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси. – Минск, 2011. – Вып. 27. – С. 42–50.
9. Инструкция по применению минеральных удобрений в прудах рыбоводных организаций: утв. Постановлением М-ва сел. хоз-ва и прод. Респ. Беларусь 03.11.2005. – 14 с.

10. Сборник научно-технологической и методической документации по аквакультуре в Беларуси / Ин-т рыбного хозяйства НАН Беларуси. – Минск, 2006. – С. 185–192.
11. Experiments on the operation of a combined aquaculture-algae system / D. Gal [et al.] / *Aquaculture International*, 15. – 2007. – P. 173–180.
12. *Тамаюн, Е. П.* Интеграция рыбоводства с другими отраслями / Е. П. Тамаюн, Л. М. Мирзоева // *Обз. инф. Сер.: Рыбохозяйственное использование внутренних водоемов.* – М., 1989. – Вып. 3. – С. 50–61.
13. *Yeo, S.*, Aquaculture Effluents and Waste By-Products / S. Yeo, F. Binkowski, J. Morris // *Characteristics, Potential Recovery, and Beneficial Reuse.* NCRAC Publications Office North Central Regional Aquaculture Center. Iowa State University. – 2004.
14. *Мирзоева, Л. М.* Аквакультура на Тайване / Л. М. Мирзоева // *Экспресс-информация ЦНИИТЭИРХ. Сер.: Рыбохозяйственное использование внутренних водоемов.* – М., 1983. – Вып. 6. – С. 13–14.
15. *Воронова, Г. П.* О технологических приемах выращивания белого амура в поликультуре рыб с использованием зеленых кормов наземной растительности / Г. П. Воронова, Л. А. Куцко, С. Н. Пантелей // *Вопросы рыбного хозяйства Беларуси.* – Минск, 2011. – Вып. 27. – С. 50–58.
16. *Серветник, Г. Е.* Проблемы развития рыбоводства на водоемах комплексного назначения / Г. Е. Серветник, Н. Н. Новоженин // *Стратегия развития животноводства России XXI: сб. материалов научн. сессии, Москва 23–25 июля 2001 г.* – М., 2001. – С. 107–115.
17. *Мухина, Р. И.* Изменение химического состава корма после погружения его в воду / Р. И. Мухина // *Труды ВНИИПРХ.* – 1968. – Т. 12. – С. 99–103.
18. Tests for the application of membrane technology in a new method for intensive aquaculture / B. Gemendea [et al.] // *Desalination.* – 2008. – Vol. 224. – P. 57–63.
19. Application of submerged membrane bioreactor for aquaculture effluent reuse / T. Pulefoua // *Desalination.* – 2008. – Vol. 221. – P. 534–542.
20. *Camargo, J.* Physicochemical and biological changes downstream from a trout farm outlet: Comparing 1986 and 2006 sampling surveys / J. Camargo, C. Gonzalo // *Limnetica*, 26. – 2007. – Vol. 2. – P. 405–414.
21. *Крылов, А. Н.* Ветеринарно-санитарная оценка использования кормовых трав и поликультуры рыб для санации сточных вод в рыбоводно-биологических прудах: автореф. дис. ...канд. биол. наук: 16.00.06 / А. Н. Крылов; МГУПБ. – М., 2007. – 27 с.
22. *Conroy, J.* Dissolution of minerals during hydrolysis of fish waste solids / J. Conroy, M. Couturier // *Aquaculture.* – 2010. – Vol. 2. – P. 220–225.
23. *Ляхнович, В. П.* Органическое удобрение прудов / В. П. Ляхнович // *Вопросы рыбного хозяйства Беларуси.* – Минск, 1962. – Вып. 9. – С. 73–100.
24. A survey on the environmental impact of pond aquaculture in Hungary / D. Gal [et al.] // *European Aquaculture Society, Special Publication.* – 2008. – N 37. – P. 230–231.
25. Preliminary investigations on the nutrient removal efficiency of a wetland-type ecosystem / E. Kerepeczki [et al.] // *Hydrobiologia*, 506–509. – 2003. – P. 665–670.
26. *Sugiura, S.* Primary responses of rainbow trout to dietary phosphorus concentration / S. Sugiura, F. Dong, R. Hardy // *Aquacult.* – 2000. – N 6. – P. 235–245.
27. *Azim, M.* Periphyton: ecology, exploitation and management / M. Azim. – CABI Publishing, Cambridge, MA 02139, USA, 2005.

V. Y. AGEYETS

ECOLOGICAL PROBLEMS OF FISH FARMING IN THE REPUBLIC OF BELARUS AND THEIR SOLUTIONS

Summary

The article presents the data on contamination of pond water when applying intensive technologies of fish rearing with the use of concentrated feed and fertilizers. It brings about different diseases, degradation of habitat; reduces fish productivity and increases the volume of contaminated wastewater discharged from ponds into open streams. The primary task of fish rearing is taking into account ecological requirements in order to minimize the negative impact on open watercourses. The solutions to major environmental problems of pond fish farming of the republic have been found.

МЕХАΝІЗАЦЫЯ І ЭНЕРГЕТЫКА

УДК 631.3(476)

А. В. ЛЕНСКИЙ¹, Е. М. ИВАНОВ¹, Е. КАЖДАН²

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОПТИМИЗАЦИИ ПАРКА ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ РАСТЕНИЕВОДСТВА

*¹Научно-практический центр НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства,
Минск, Беларусь, e-mail: alex_lensky@mail.ru*

²University College Dublin, Dublin, Ireland

(Поступила в редакцию 17.03.2015)

Одним из важнейших направлений повышения эффективности сельскохозяйственного производства является стратегическое планирование в области технического оснащения предприятия. Известно, что в настоящее время основным трендом отрасли сельскохозяйственного машиностроения стало предложение специализированных комплексов машин, обеспечивающих высокую производительность, качество работы и комфортные условия труда оператора. Эти эффективные и интеллектуальные машины и технологии, по заверениям изготовителей, призваны экономить денежные средства сельскохозяйственных товаропроизводителей, обеспечить выполнение полевых работ в лучшие агротехнические сроки и гарантировать получение высоких урожаев. Однако, на практике, службам сельскохозяйственного предприятия становится весьма сложно разобраться в широкой номенклатуре и ассортименте предлагаемого оборудования, что зачастую приводит к принятию субъективных, экономически не подтвержденных решений по технической модернизации производства. Кроме того, планирование закупок машин требует значительных затрат времени и сил, учета технологических особенностей и специфики производства, проведения сравнительных экономических оценок как комплексов, так и отдельных технических средств.

Сегодня наиболее перспективным подходом для выработки оптимальной стратегии технического оснащения является не просто разработка частных математических моделей, а создание полноценного программного комплекса для планирования производственной деятельности сельскохозяйственного предприятия в режиме online.

Это предполагает проведение исследований по следующим основным направлениям (рис. 1):

- 1) разработка структуры и содержания необходимых баз данных, включая информацию о полевых участках (картографическую информацию);
- 2) разработка методики комплектования агрегатов и расчета их эксплуатационных показателей (производительности и расхода топлива);
- 3) разработка алгоритма оптимизации парка технических средств;
- 4) формирование оптимального расписания проведения полевых работ.

Ответственным этапом оптимизационных расчетов является формирование исходной информации, которая содержится в административной и пользовательских базах данных. Первая включает в себя сведения о технических и ценовых характеристиках тракторов и сельскохозяйственных машин, перспективные технологии возделывания культур, характеристики условий эксплуатации машин и др. Базы данных пользователей содержат материалы о конкретных предприятиях, включая карты полей, планы работ на расчетный период, наличие машин и оборудования и т. д.

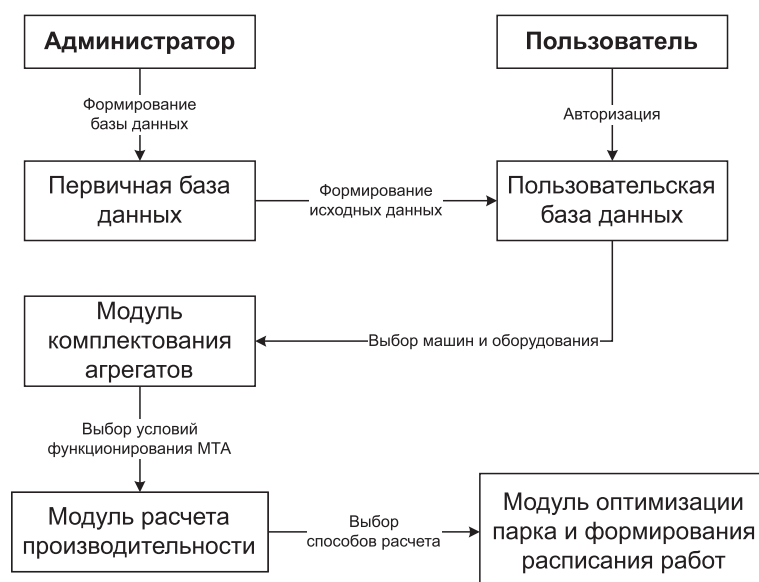


Рис. 1. Принцип работы программного комплекса

Комплектование агрегатов для выполнения планируемых полевых работ и расчет их эксплуатационных параметров производится автоматически на основании материалов, содержащихся в административной и пользовательской базах данных. Такой подход обусловлен в первую очередь большой номенклатурой применяемых технических средств и необходимостью рассмотрения множества возможных комбинаций агрегатов. Кроме того, зачастую отсутствуют достоверные сведения о производительности машин, особенно импортного производства, в связи с чем наиболее целесообразным является метод ее определения на основе оптимизации скоростного режима машинно-тракторных агрегатов.

Завершающим этапом является оптимизация состава парка и формирование расписания выполнения полевых работ в соответствии с заданными пользователем условиями.

Для описания сущности предлагаемого проекта рассмотрим следующие используемые понятия и определения.

Полевой участок (поле) – место реализации конкретной технологии, заданной пользователем (например, поле № 1). Поле является объектом, над которым совершаются определенные действия – технологические операции. Основные характеристики поля, необходимые для расчета, – конфигурация, площадь, группа почв, кислотность и т.д., – прямо или косвенно влияют на производительность используемых машинных агрегатов.

Технологическая операция (операция) – работа, выполняемая на конкретном поле в определенные временные сроки как часть реализации конкретной технологии (например, дискование поля № 1). Между технологическими операциями существует понятие взаимосвязи, которое определяет четкую хронологию их выполнения и временные «разрывы» между ними.

Агротехнический срок выполнения операции (агросрок) – нормативный период проведения работ для выполнения операции на конкретном поле (например, агросрок дискования поля № 1 – 5.04–10.04).

Технология – совокупность технологических операций, выполняемых при возделывании определенной культуры на конкретном поле (например, технология возделывания пшеницы после однолетних трав на поле № 1).

Машинно-тракторный агрегат (агрегат) – совокупность нескольких единиц техники для выполнения технологической операции. В качестве агрегата могут выступать следующие комбинации: трактор + сельскохозяйственная машина, комбайн, стационарное оборудование (например, JohnDeere 8520 + Kverneland BB100). Один и тот же агрегат по наименованию может выполнять операции на различных полевых участках, но иметь иные эксплуатационные показатели (производительность, расход топлива).

Природно-производственные условия – совокупность факторов при выполнении технологической операции, определяющих условия функционирования и эффективность эксплуатации машинно-тракторного агрегата. К ним относятся, например, конфигурация поля, условия движения агрегата, тип почвы на поле, условия оплаты труда и др.

Расписание – искомое решение, заключающееся в оптимальном распределении МТА во времени по технологическим операциям в соответствии с заданием, сформированным пользователем.

На практике формирование расписания является довольно длительным и сложным процессом, поскольку необходимо осуществить поиск оптимального решения в большом пространстве поиска на множестве допустимых решений, что, по сути, является комбинаторной задачей. Поскольку каждый элемент модели представляет собой машинно-тракторный агрегат с индивидуальным набором характеристик либо технологию со сложной структурой взаимосвязанных операций, задача составления расписания относится также к многокритериальным.

В качестве целевой функции приняты эксплуатационные затраты на реализацию всех технологий в расчетном периоде:

$$A = \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N A_{jn} = \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N (F + L + D + RP + IA + IL + IS)_{jn} \rightarrow \min \quad (1)$$

где A – величина эксплуатационных затрат, долл. США; $j \in J, n \in N$ – наименование технологической операции и машинного агрегата для ее выполнения соответственно; F – затраты на топливо и смазочные материалы, долл. США; L – затраты на оплату труда, долл. США; D – затраты на амортизацию, долл. США; RP – затраты на ремонты и обслуживание машин, долл. США; IA – альтернативные издержки, долл. США; IL – оплата за пользование кредитом, долл. США; IS – расходы на страхование и хранение машин, долл. США.

В целях корректного описания алгоритма оптимизации необходимо четкое определение взаимосвязей между используемыми входными данными:

1) номер поля (k) → порядок операций (j). Все номера полей имеют свою собственную последовательность операций, отсортированную в уникальном порядке, что формируется в технологии, выбираемой пользователем для конкретного поля;

2) операция (j) → список агрегатов (n). Каждой операции соответствует список агрегатов, которые могут ее выполнить, что формируется автоматически исходя из заданного пользователем перечня имеющейся техники, а также условий соответствия машин определенным операциям.

Приведенная нами модель является усеченным вариантом полной оригинальной модели и демонстрирует базовые понятия и подходы, используемые в процессе вычислений.

Основным расчетным параметром в процессе оптимизации является время работы агрегата на операции:

$$TS = \sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^J (TO_{kj} + TB_{kj}), \quad TB_{\min(j-1)} \leq TB_{kj} \leq TB_{\max(j-1)}, \quad (2)$$

где TS – время, затраченное на выполнение последовательных операций, ч; TO – время работы всех агрегатов на операции, ч; TB – технологический разрыв между операциями (разрыв TB имеет смысл лишь по отношению к предыдущей операции в отсортированном списке для конкретного поля), ч.

Такой подход позволит осуществлять запись технологии возделывания как последовательности операций, опирающихся не просто на календарные сроки, а на жизненный цикл растений, что в полной мере отобразит особенности вегетации культур (табл. 1). В качестве начальной установки выступает период выполнения первой технологической операции, все последующие работы будут определяться на основании параметров $TB_{\min} - TB_{\max}$, которые в случае необходимости могут быть скорректированы.

Таблица 1. Форма представления технологии (фрагмент)

Операция	Начало работ (норматив)	Окончание работ (норматив)	Период работ, дней	Разрыв, дней
Дискование	16.09.2013	17.09.2013	2	–
Дискование	18.09.2013	19.09.2013	2	2–3
Транспортировка воды и заправка опрыскивателя	24.09.2013	25.09.2013	2	5–6
Обработка гербицидами	24.09.2013	25.09.2013	2	0
Погрузка минеральных удобрений	18.04.2014	18.04.2014	1	190–200
Погрузка минеральных удобрений	18.04.2014	18.04.2014	1	0
Транспортировка и внесение минеральных удобрений	18.04.2014	18.04.2014	1	0

Пример визуализации последовательных операций приведен на рис. 2.

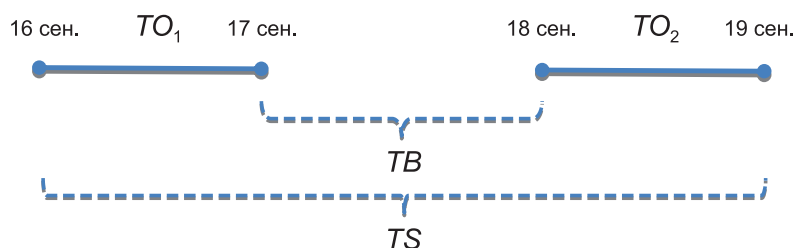


Рис. 2. Формализация последовательного процесса

Выполняемые операции собраны в матрицу размером $J \times J$, где на главной диагонали расположена последовательность индексированных операций (табл. 2).

Таблица 2. Матрица технологических операций

Поле	Операция	Начало работ (план)	Окончание работ (план)	№ операции*	№ операции*												
					4	1	4	1	2	5	5	6	8	7	3		
1	Уборка	01.08.2013	05.08.2013	4	1												
1	Прессование	01.08.2013	07.08.2013	1		1											
2	Уборка	03.08.2013	08.08.2013	4			1										
2	Прессование	03.08.2013	10.08.2013	1				1									
2	Дискование	17.08.2013	23.08.2013	2					1								
1	Вспашка	20.08.2013	23.08.2013	5						1							
2	Вспашка	22.08.2013	26.08.2013	5							1						
1	Посев	27.08.2013	29.08.2013	6								1					
3	Подвоз воды	10.04.2014	12.04.2014	8									1				
3	Опрыскивание	10.04.2014	12.04.2014	7											1		
3	Скашивание	05.08.2014	10.08.2014	3													1

* Операции в матрице отсортированы по времени их выполнения.

Время работы агрегатов на операции определяется по формуле

$$TO_{kj} = \sum_{n=1}^{N_j} \omega_{kjn} \cdot TA_{kjn}, \quad TO_{kj} \leq TO_{kj}^{\max} + \delta TO_{kj}, \quad (3)$$

где TO_{kj} – время работы всех возможных агрегатов N_j на j -й операции k -го поля, ч; ω – показатель стоимости работы n -го агрегата по отношению к самому дорогому агрегату, который может быть использован для данной операции (принимает значения от 0 до 1); TA_{kn} – время, необходимое агрегату для выполнения операции самостоятельно, ч; δTO – время, которое может быть добавлено к общему времени работы всех агрегатов TO^{\max} , чтобы сократить расходы, ч.

Параметр TA может быть определен исходя из производительности агрегата и площади полевого участка:

$$TA_{kjm} = \frac{S_k}{E_{kjm}}, \quad (4)$$

где S_k – площадь k -го поля, га; E_{kjm} – производительность n -го агрегата на j -й операции k -го поля за 1 ч сменного времени, га/ч.

Возможность существования решения будет определяться набором правил и ограничений, которые должны быть в обязательном порядке выполнены.

1. Ограничение по выполнению объема работ. Ограничение предполагает, что каждое поле должно быть полностью обработано и работа на всех операциях должна быть завершена. Формализованная запись представляет собой сумму объемов работ, выполненных агрегатами на каждой технологической операции:

$$\forall j; \sum_{k=1}^K \sum_{n=1}^{N_j} E_{kjm} \cdot TA_{kjm} = \sum_{k=1}^K S_k. \quad (5)$$

2. Ограничение по непрерывности выполнения операции. Ограничение предполагает отсутствие перерывов в работе агрегата в пределах срока выполнения операции:

$$\forall n, j; \sum_{k=1}^K (TA_{kjm} + TA_{0n}) = \sum_{k=1}^K TO_{kj}. \quad (6)$$

3. Ограничение по соблюдению интервалов между операциями. Как отмечалось ранее, для операций существуют понятия минимального и максимального технологического интервала, который определяется параметром TB . В этой связи ограничения для последовательных процессов будут выражены аналогично зависимостям (2).

4. Ограничение по использованию машины. Для каждого технического средства осуществляется проверка, чтобы его суммарная наработка не превысила максимального значения, установленного пользователем (это может быть время смены, распространяемое на все машины либо индивидуальные ограничения).

$$\forall m; \sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^J TA_{kjm} \leq TM_{\max}, \quad (7)$$

где m – обозначение машины; TM_{\max} – максимальный дневной лимит работы, ч.

Данные подходы положены в разработку программного продукта, представляющего собой единую информационную и расчетно-аналитическую систему, позволяющую выполнять ряд задач по разработке долгосрочных планов и прогнозов производства продукции с формированием соответствующей технологической документации, оптимальному распределению техники по видам работ, планированию закупок машин и оборудования и разработке стратегии обновления парка техники, оперативному учету выполнения работ, сравнительной оценке эффективности машин и оборудования и др.

Следует отметить, что современный бизнес, работающий в аграрной среде, зачастую сталкивается с необходимостью планирования, анализа и учета выполняемых работ в целях повышения эффективности функционирования, получения дополнительной прибыли или снижения затрат, однако, существующие решения в большинстве случаев обладают недостаточными функциональными возможностями и представляют собой специализированные учетно-аналитические программные продукты.

Предлагаемые решения включают следующие вычислительные и аналитические разделы, предназначенные:

– для сельскохозяйственных предприятий:

- 1) оптимизация использования парка техники, выбор наиболее эффективного варианта машинно-тракторного парка для решения конкретных задач;
- 2) планирование выполнения работ в текущем периоде;

- 3) прогнозирование и анализ получаемой прибыли и требуемых инвестиций;
- 4) online-консультации от производителей сельскохозяйственной техники и экспертов;

– для производителей техники:

- 1) реклама новых моделей машин и оборудования непосредственно для сельскохозяйственных предприятий;
- 2) сравнительная оценка эффективности техники;
- 3) прогнозирование спроса на новые машины;
- 4) система экспертных оценок и фактические показатели по результатам производственной эксплуатации.

– для рядовых пользователей (учреждения образования, научно исследовательские институты, органы государственного управления):

- 1) информационно-аналитические материалы;
- 2) новости и публикации;
- 3) рекламные проспекты от производителей сельскохозяйственной техники.

Как отмечалось ранее, компонентами целевой функции предлагаемой нами модели формирования оптимального парка технических средств являются семь основных статей затрат, которые могут быть разделены на две категории:

1) *условно-постоянные затраты* (издержки владения, которые не зависят от использования техники). К ним относятся расходы на амортизацию, проценты за пользование кредитными ресурсами, альтернативные издержки, затраты на страхование и хранение машин;

2) *условно-переменные затраты* (эксплуатационные расходы, которые изменяются непосредственно с продолжительностью использования техники: затраты на техническое обслуживание и ремонт, затраты на топливо и смазочные материалы, оплата труда механизаторов).

Рассмотрим применяемые в предлагаемом программном комплексе варианты расчетов указанных затрат.

1. Расходы на амортизацию (D). Методика расчета величины отчислений на амортизацию не является единой и существенно различается по территориальному признаку. Так, если в странах ЕС получили распространение методы расчета по ресурсу техники или планируемому периоду ее эксплуатации, то в странах Таможенного союза активно применяется нормативный метод расчета. На территории США действует совершенно иной метод расчета амортизации (MACRS), основанный на использовании нормативных периодов эксплуатации либо имущественных классов техники [1].

Расчет величины амортизационных отчислений с использованием метода временной стоимости предполагает применение такого параметра, как период эксплуатации техники с момента ее приобретения.

В качестве ликвидационной стоимости может выступать, на усмотрение пользователя, расчетная оценочная стоимость для соответствующего периода либо ее нулевое значение, что соответствует полному списанию машины.

Наиболее логичным и отражающим объективную степень износа оборудования является метод расчета с использованием его ресурса, причем базой для начисления амортизации может являться как первоначальная цена покупки машины, так и ее оценочная стоимость, что позволяет, в определенной степени, учитывать моральный износ. Расчет величины годовых амортизационных отчислений производится с учетом данных о фактической наработке техники на текущий момент.

Самым простым и достаточно распространенным является метод расчета на основании нормативных сроков эксплуатации машин, где возможно применение следующих вариантов начисления амортизации: линейный, уменьшаемого остатка, суммы чисел лет.

Ежегодные амортизационные отчисления, рассчитанные линейным способом, являются постоянной величиной в пределах срока эксплуатации оборудования.

Использование варианта расчета способом уменьшаемого остатка предполагает применение дополнительных параметров о величине накопленной амортизации за период владения используемым оборудованием, т. е. расчет производится исходя из остаточной стоимости оборудования

и нормы амортизации, применяемой при линейном способе, умноженной на коэффициент ускорения, установленный пользователем. Это позволяет более интенсивно списывать оборудование в первые годы его эксплуатации, что является достаточно логичным, поскольку потенциальные возможности техники в начальный период гораздо выше и постепенно снижаются по мере износа. Особенностью данного способа является то, что машина может быть полностью амортизирована до истечения нормативного срока ее использования в случае, если расчетная остаточная стоимость после начисления амортизации окажется меньше прогнозируемой ликвидационной стоимости.

При использовании способа суммы чисел лет годовая норма амортизации определяется исходя из первоначальной и ликвидационной стоимости машины, а также отношения остатка нормативного срока ее эксплуатации к сумме чисел лет.

В целом ускоренные методы расчета амортизационных отчислений удобно применять в том случае, если имеется необходимость быстрого обновления оборудования, обусловленная его интенсивным физическим или моральным износом.

В определенных случаях расчет величины амортизационных отчислений предполагает использование оценочной и ликвидационной стоимостей техники, которые в разработанном программном комплексе могут быть установлены пользователем самостоятельно либо вычислены на основании нормативных таблиц и коэффициентов по группам машин [2, 3].

Более точный расчет может быть выполнен на основании коэффициентов (предложены American Society of Agricultural Engineers), позволяющих учесть не только возраст, но и среднегодовую наработку машины [4, с. 344–355].

2. Проценты за пользование кредитными ресурсами (II). В методиках выполнения прогнозных расчетов, предлагаемых различными научными организациями и университетами, как правило, применяется упрощенный метод определения затрат на выплату процентов за пользование кредитными ресурсами на приобретение машин, предполагающий равномерные ежегодные значения платежей.

3. Альтернативные издержки (IA). Широкое распространение, особенно в зарубежных методиках расчета экономических затрат, получила оценка альтернативных издержек, обусловленных отказом от других возможных направлений использования ресурсов. В этой связи необходимо наличие как минимум двух альтернативных вариантов, которые можно оценить с помощью наиболее удобного индикатора – потерь денежных средств или упущенной выгоды.

Применительно к вопросам эксплуатации машин такой расчет целесообразно выполнять на основании их оценочной стоимости на начало u -го года (цены покупки для техники, приобретенной в конкретном году). Это позволит рассмотреть такие варианты, как приобретение или эксплуатация необходимой машины (основной вариант), использование эквивалентной денежной суммы для иных целей (альтернативный вариант).

Обязательным требованием является учет источников финансирования для приобретения машин: собственные или заемные средства. Альтернативные издержки при использовании заемных средств на приобретение техники будут равны нулю, поскольку отказ от кредита не увеличивает капитал предприятия и, соответственно, не дает возможностей получения никакого дополнительного дохода. Если источником финансирования покупки оборудования являются собственные средства, альтернативные издержки учитываются по процентной ставке, которая зависит от возможного дохода на капитал в другой сфере бизнеса, например, по ставкам краткосрочных депозитов сроком не более 1 года. Аналогичный подход будет и в случае частичного финансирования покупки за счет собственных средств.

Следует отметить, что в целях укрупненной оценки величины затрат в США применяются методики расчета совместных расходов на амортизацию и альтернативные издержки на основании комплексного коэффициента восстановления капитала. В соответствии с рекомендациями Общества инженеров сельского хозяйства (ASABE), указанный коэффициент определяется для различных комбинаций реальных процентных ставок и экономического срока службы машин и, как правило, приводится в соответствующих таблицах [2]. Отрицательной стороной такого расчета является его относительно невысокая точность, что ограничивает реальную область

практического применения методики (как правило, это частные предварительные расчеты для проведения сравнительных оценок машин).

4. Расходы на страхование и хранение машин (IS). По отношению к рассмотренным ранее статьям расходов затраты на страхование и хранение техники относительно невелики, тем не менее они также подлежат учету.

Страхование оборудования позволяет компенсировать затраты денежных средств на приобретение новой техники в случае повреждения имеющихся машин вследствие форс-мажорных обстоятельств: пожара, стихийных бедствий и др. В целях прогнозирования, как правило, применяются ставки из расчета 4–6 долл. США на 1000 долл. США стоимости машины. Также важной статьёй затрат являются расходы на хранение техники, которые составляют 0,5–1,0 % оценочной стоимости машины [2].

Обычно расчет указанных статей производится совместно на основании среднегодовой оценочной стоимости машины.

5. Расходы на ремонт и техническое обслуживание машин (RP). Данная статья расходов предполагает учет затрат, направляемых на содержание машины в работоспособном состоянии, проведение технических обслуживаний, замену вышедших из строя деталей и др. Расходы на ремонт машины очень сильно подвержены влиянию временного фактора. Так, согласно исследованиям ASABE, затраты на обслуживание технических средств распределяются неравномерно по периодам использования оборудования, а их значения для конкретного типа машины могут быть определены по специальным таблицам или эмпирическим зависимостям для конкретного периода эксплуатации (рис. 3).

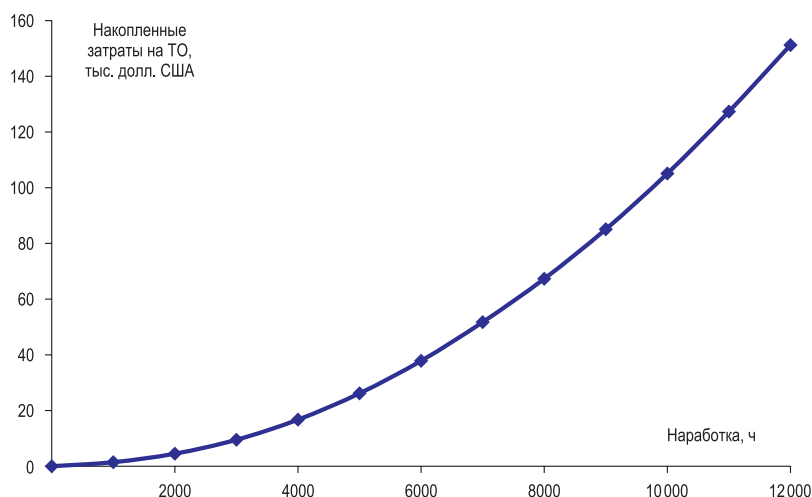


Рис. 3. Динамика роста накопленных затрат на обслуживание и ремонт [4, с. 344–354]

В случае применения эмпирических зависимостей для оценки указанных затрат базой для расчета может выступать как оценочная стоимость техники на начало и конец периода, так и первоначальная цена покупки, при этом суммарные затраты на ремонт и техническое обслуживание машин определяются на основании эмпирических коэффициентов («факторов ремонта»), зависящих от типа оборудования [4, 5].

Укрупненно величина накопленных затрат на ремонт также может быть рассчитана на основании данных таблиц об остаточной стоимости в зависимости от наименования машины и ее годовой наработки [2, 3].

Наиболее простым в практическом применении является расчет расходов на основании эмпирического коэффициента затрат на обслуживание и ремонт машины за ее ресурс. Отрицательной его стороной является допущение равномерного распределения расходов в течение срока службы машины, что приводит к существенному завышению затрат в начальный период эксплуатации, и наоборот, их занижению в дальнейшем.

6. Расходы на топливо и смазочные материалы (F). Особенность расчета данной статьи затрат заключается в ее привязке к выполняемой технологической операции и агрегату. Если в предыдущих статьях расходов рассматривались только машины, то здесь оперируют понятием «агрегат».

Наиболее простым вариантом расчета является использование рекомендуемых и установленных на основании испытаний показателей производительности и расхода топлива в эталонных условиях. При этом необходимо отметить, что в предлагаемом программном комплексе величина производительности может также задаваться пользователем самостоятельно либо быть скорректирована на основании эмпирического коэффициента полевой эффективности или использования сменного времени. Такой подход реализован в рекомендациях Университета штата Айова [6]. Производительность агрегата определяется следующими переменными: шириной захвата, скоростью движения и эффективностью работы в поле, при этом в качестве рабочей скорости принимается средняя безопасная скорость при нормальных условиях работы. Полевая эффективность выражается в процентах и показывает фактические достигнутые результаты в реальных условиях. Затраты времени за пределами поля на ежедневное обслуживание техники, переезды на поля, текущий ремонт не учитываются при расчете коэффициента полевой эффективности (табл. 3).

Таблица 3. Эксплуатационные показатели сельскохозяйственных машин

Машины, оборудование	Скорость, миль/ч	Полевая эффективность, %
Машина для внесения минеральных удобрений	6,0	70
Плуг или чизельный культиватор	5,0	83–85
Культиватор для основной обработки	7,0	80–85
Сеялка для зерновых культур	5,0	60–65
Зерноуборочный комбайн	3,8	68–73

Примечание. Таблица составлена по материалам Iowa State University [6].

Другим вариантом, реализованным нами в программном комплексе, является расчет по удельному расходу топлива, который, несмотря на достаточно широкое практическое применение, также является достаточно приближенным и по своей точности практически не отличается от нормативного метода.

Наиболее точным образом, близким к хронометражным наблюдениям, можно определить показатели расхода топлива на основании тяговых показателей трактора.

Планирование расходов на смазочные материалы в большинстве случаев осуществляется по стоимости топлива, расходуемого за 1 ч рабочего времени, в частности, в сельскохозяйственных организациях ЕС и США указанная статья затрат в среднем составляет 13–16 % от расходов на топливо [3].

7. Затраты на оплату труда (L). Для целей планирования применяется в основном упрощенный вариант расчета затрат по фиксированной часовой ставке. Данный метод расчета является простым для восприятия и, соответственно, наиболее распространенным в практическом использовании.

На основании исследований университета штата Иллинойс нами введено в методику расчета понятие «время работы механизатора», определяемое соответствующим коэффициентом. При расчете затрат на оплату труда предполагается, что занятость оператора превышает загрузку техники, что учитывает непроизводственные затраты времени на подготовку машины, уход, внеплановые переезды и др. [7].

Выводы

Наиболее перспективным решением задачи оптимизации парка машин является не просто разработка подобной уже существующим математической модели, а создание полноценного программного комплекса для планирования производственной деятельности сельскохозяйствен-

ного предприятия в режиме online. Предлагаемый комплекс имеет блочную систему построения и содержит набор необходимых баз данных, включая информацию о полевых участках, модуль комплектования агрегатов и расчета их эксплуатационных показателей (производительности и расхода топлива), модули оптимизации парка технических средств и формирования оптимального расписания проведения полевых работ.

В качестве целевой функции для проведения оптимизационных расчетов выбраны эксплуатационные затраты на реализацию всех технологий в расчетном периоде. Поскольку возможность существования и качество решения определяется набором агротехнических, эксплуатационных и технологических правил, которые должны соблюдаться в обязательном порядке, нами выполнено математическое описание ограничений рассматриваемой задачи, что позволяет осуществить ее практическую формализацию в программном виде.

Применяемые способы оценки экономической эффективности машин предоставляют потребителю достаточное количество вариантов проведения расчетов, начиная от упрощенных методов с использованием нормативных показателей и заканчивая уточненными алгоритмами, основанными на математических моделях. В рамках предлагаемого программного комплекса учтены все вышеизложенные подходы, что позволяет пользователю выполнять расчеты эксплуатационных и экономических показателей в соответствии с действующими международными стандартами.

Предлагаемая методика положена в основу программного комплекса, представляющего собой единую информационную и расчетно-аналитическую систему, позволяющую выполнять ряд задач по разработке долгосрочных планов и прогнозов производства продукции с формированием соответствующей технологической документации, оптимальному распределению техники по видам работ, планированию закупок машин и оборудования и разработке стратегии обновления парка техники, оперативному учету выполнения работ, сравнительной оценке эффективности машин и оборудования.

Литература

1. How To Depreciate Property. Publication 946 / Department of the Treasury; Internal Revenue Service. – Washington, DC, 2014. – 116 p.
2. *Edwards, W.* Estimating Farm Machinery Costs / W. Edwards // Ag Decision Maker. File A3–29. – Iowa State University, 2009. – 8 p.
3. *Molenhui, J. R.* Budgeting farm machinery costs / J. R. Molenhui // Factsheet – Ministry of Agriculture; Food and Rural Affairs. – Ontario, 2001. – 8 p.
4. ASAE Standards 2000, Standards Engineering Practices Data. – 47-th ed. – St. Joseph, 2000. – 1013 p.
5. *Kastens, T.* Farm Machinery Operation Cost Calculations / T. Kastens. – Kansas State University, 1997. – 26 p.
6. *Hanna, M.* Estimating the Field Capacity of Farm Machines / M. Hanna // Ag Decision Maker. File A3–24. – Iowa State University, 2002. – 4 p.
7. *Schnitkey, G.* Machine Cost Estimates: Tractors / G. Schnitkey, D. Lattz, J. Siemens // Farm Business Management Handbook. FBM 0204. – University of Illinois, 2003. – 2 p.

A. V. LENSKI, E. M. IVANOV, E. KAZHDAN

METHODOLOGICAL ASPECTS OF OPTIMIZATION OF THE TRACTOR FLEET FOR PLANT BREEDING

Summary

The paper considers the principles of the development of software for planning of the production activity of an enterprise in the plant breeding branch. The mathematical description of the model for optimization of the tractor fleet and creation of a field work schedule is presented. The options for calculation of operation and equipment costs are stated.

УДК 631.363.7

А. В. КИТУН

МАЛОЗАТРАТНЫЙ СПОСОБ ФОРМИРОВАНИЯ КОРМОСМЕСИ ЖИВОТНЫМ

*Белорусский государственный аграрный технический университет,
Минск, Беларусь, e-mail: anton.kitun@mail.ru*

(Поступила в редакцию 06.05.2014)

Рост производства продукции животноводства, снижение затрат кормов и труда на единицу продукции немислимы без рационального использования кормов. Использовать корма с максимальной отдачей возможно лишь тогда, когда в кормушку животного будет выдана сбалансированная по питательности кормосмесь с учетом продуктивности и физиологического состояния каждого животного.

В состав кормосмеси можно вводить белковые, минеральные и витаминные добавки [1, 2]. В ряде исследований отмечается повышение на 6,4–26,2 % продуктивности животных, получавших кормосмеси, по сравнению с раздельным кормлением теми же кормами [3, 4]. Установлено, что кормосмесь значительно упрощает организацию процесса кормления [5, 6].

Однако известные мобильные смесители-раздатчики не обеспечивают одновременно раздельную выдачу различных по физико-механическим свойствам двух групп кормов – силосованных стебельчатых и высокоэнергетических. Приготавливая кормосмесь данными машинами, кроме высоких затрат энергии на выполняемый технологический процесс, не соблюдается индивидуальное кормление животных. В данном случае высокоэнергетические корма скармливаются животным без учета их продуктивности. Такая неравномерность раздачи кормов снижает их энергетическую отдачу, а следовательно, и рентабельность отрасли [7–10].

Снизить себестоимость скармливания кормов в виде сбалансированной по питательности кормосмеси можно путем внедрения на животноводческих фермах новой малозатратной механизированной технологии, которая позволяет исключить ряд энергоемких специальных операций и машин для их выполнения [11–14].

В соответствии с предлагаемой малозатратной механизированной технологией кормосмесь формируется из пересекающихся в воздухе потоков силосованных стебельчатых и высокоэнергетических кормов, выгружаемых на транспортер мобильного кормораздатчика.

Цель работы – определение дальности полета частицы высокоэнергетических кормов в слой силосованных стебельчатых кормов от времени ее полета и угловой скорости выгрузного шнека при формировании кормосмеси в воздухе для создания энергосберегающего мобильного смесителя-раздатчика кормов.

Данный параметр зависит от скорости движения частиц, определить которую можно разложив ее на два независимых – равномерное прямолинейное движение v_n и свободное падение с относительной скоростью $v_{от}$ (рис. 1). Тогда абсолютную скорость движения частиц стебельчатых кормов можно определить по формуле

$$v_{ч}^2 = v_n^2 + v_{от}^2 \quad (1)$$

В формуле (1) $v_n = h_{гор} \phi'$, где $\phi' = d\phi/dt$ – угловая скорость перемещения частицы многокомпонентной добавки в течение промежутка времени; c^{-1} ; $h_{гор}$ – расстояние перемещения частицы многокомпонентной добавки, м.

При поступлении через выгрузное окно смесителя-дозатора v_n равна угловой скорости шнека. Относительную скорость перемещения частицы многокомпонентной высокоэнергетической добавки определим по выражению

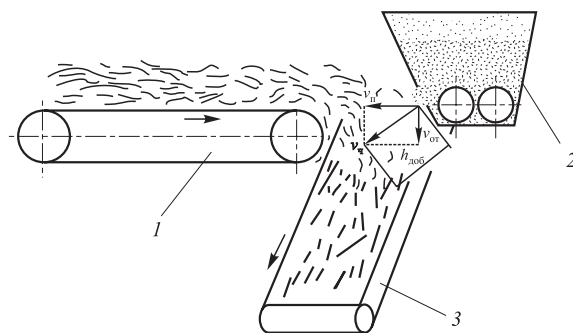


Рис. 1. Схема к расчету дальности полета взаимопересекающихся во взвешенном состоянии потоков кормов: 1 – транспортер стебельчатых кормов; 2 – смеситель-дозатор многокомпонентной высокоэнергетической добавки; 3 – выгрузной транспортер кормосмеси

$$v_{от} = dh_{вер} / dt, \quad (2)$$

($h_{вер}$ – высота падения частицы многокомпонентной высокоэнергетической добавки, м).

Тогда абсолютную скорость перемещения частицы многокомпонентной высокоэнергетической добавки можно определить по формуле

$$v_{ч}^2 = h_{гор}^2 \varphi'^2 + h_{вер}'^2. \quad (3)$$

Из формулы (3) определим расстояние перемещения частицы многокомпонентной высокоэнергетической добавки в горизонтальной плоскости. Для решения уравнения (2) воспользуемся уравнениями Лагранжа второго рода:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial E_{доб}}{\partial h'_{вер}} \right) - \frac{\partial E_{доб}}{\partial h_{гор}} = Q_h, \quad (4)$$

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial E_{доб}}{\partial \varphi} \right) - \frac{\partial E_{доб}}{\partial \varphi} = Q_{\varphi}, \quad (5)$$

где Q_h, Q_{φ} – обобщенные силы, действующие на частицу многокомпонентной высокоэнергетической добавки, Н; $E_{доб}$ – работа, затрачиваемая при перемещении частицы многокомпонентной высокоэнергетической добавки, кг·м²/с².

Преобразовав уравнения (4) и (5), получим следующие выражения:

$$Q_h = m_{ч} (h''_{вер} - h_{гор} \varphi'^2), \quad (6)$$

$$Q_{\varphi} = m_{ч} (2 h_{гор} h'_{вер} \varphi'). \quad (7)$$

Работу, затрачиваемую при перемещении частицы корма на элементарном пути возможных перемещений, определим по формулам

$$\delta T_h = Q_h \delta h_{гор} = (m_{ч} g - f N) \delta h_{гор}, \quad (8)$$

$$\delta T_{\varphi} = Q_{\varphi} \delta \varphi = (N - m_{ч} g) h_{гор} \delta \varphi, \quad (9)$$

где g – ускорение свободного падения, м/с²; f – коэффициент трения многокомпонентной высокоэнергетической добавки по металлу; $m_{ч}$ – масса частицы многокомпонентной высокоэнергетической добавки, кг.

Откуда:

$$Q_h = m_{ч} g - f N, \quad (10)$$

$$Q_{\varphi} = (N - m_{ч} g) h_{гор}. \quad (11)$$

Так как в уравнениях (6), (7) и (10), (11) левые части равны, то справедливо равенство:

$$m_{\text{ч}} (h''_{\text{вер}} - h'_{\text{гор}} \phi'^2) = m_{\text{ч}} g - fN, \quad (12)$$

$$2m_{\text{ч}} h'_{\text{гор}} h'_{\text{вер}} \phi' = (N - m_{\text{ч}} g) h'_{\text{гор}}, \quad (13)$$

или после преобразования получим

$$h''_{\text{вер}} - h'_{\text{гор}} \phi'^2 = g - fNm_{\text{ч}}^{-1}, \quad (14)$$

$$2fh'_{\text{вер}} \phi' = fNm_{\text{ч}}^{-1} - gf. \quad (15)$$

Из уравнения (15) выразим $fNm_{\text{ч}}^{-1}$ и полученное значение подставим в уравнение (14). После преобразования получим

$$h''_{\text{вер}} + 2fh'_{\text{вер}} \phi' - h'_{\text{гор}} \phi'^2 = g(1 - f). \quad (16)$$

Так как $\phi = \omega t$, а $\phi' = \omega = \text{const}$, то уравнение (16) примет следующий вид:

$$h''_{\text{вер}} + 2f\omega h'_{\text{вер}} - h'_{\text{гор}} \omega^2 = g(1 - f). \quad (17)$$

Полученное уравнение (17) является линейным неоднородным дифференциальным уравнением второго порядка с постоянными коэффициентами. Представим его как сумму частного и общего решения:

$$h_{\text{доб}} = h_{\text{част}} + h_{\text{общ}}. \quad (18)$$

Общее решение однородного уравнения примет такой вид:

$$h''_{\text{вер}} + 2f\omega h'_{\text{вер}} - h'_{\text{гор}} \omega^2 = 0. \quad (19)$$

Характеристическим уравнением дифференциального уравнения (19) будет

$$h^2_{\text{вер}} + 2f\omega h_{\text{вер}} - \omega^2 = 0. \quad (20)$$

Корни уравнения:

$$h_1 = \omega_{\text{ш}} \left(f + \sqrt{f^2 + 1} \right), \quad (21)$$

$$h_2 = \omega_{\text{ш}} \left(f - \sqrt{f^2 + 1} \right). \quad (22)$$

Тогда общее решение уравнения (19) выразится формулой

$$h_{\text{общ}} = C_1 e^{h_1 t} + C_2 e^{h_2 t}, \quad (23)$$

где C_1, C_2 – постоянные производные; t – время перемещения частицы многокомпонентной высокоэнергетической добавки во взвешенном состоянии; e – основание натурального логарифма.

Частное решение уравнения (17) имеет вид:

$$0 + 0 - \omega_{\text{ш}}^2 = g(1 - f), \quad (24)$$

откуда

$$C = - \frac{g(1 - f)}{\omega_{\text{ш}}^2}. \quad (25)$$

Линейное неоднородное дифференциальное уравнение (18) можно записать так:

$$h_{\text{доб}} = C_1 e^{h_1 t} + C_2 e^{h_2 t} - \frac{g(1 - f)}{\omega_{\text{ш}}^2}. \quad (26)$$

Из начальных условий $t = 0$, $dh/dh = 0$ и $h' = 0$ находим постоянные:

$$h_0 = C_1 + C_2 - \frac{g(1-f)}{\omega_{\text{ш}}^2}; \quad (27)$$

$$h'(0) = C_1 \omega_{\text{ш}} (f + \sqrt{1+f^2}) + C_2 \omega_{\text{ш}} (f - \sqrt{1+f^2}); \quad (28)$$

Решая систему относительно C_1 и C_2 , получим:

$$C_1 = \frac{g(1-f)}{\omega_{\text{ш}}^2} \left(1 - \frac{f + \sqrt{1+f^2}}{2\sqrt{1+f^2}} \right); \quad (29)$$

$$C_2 = \frac{g(1-f)(f + \sqrt{1+f^2})}{2\omega_{\text{ш}}^2 \sqrt{1+f^2}}; \quad (30)$$

Тогда линейное неоднородное дифференциальное уравнение (26) примет такой вид:

$$h_{\text{доб}} = \frac{g(1-f)}{\omega_{\text{ш}}^2} \left(\left(1 - \frac{f + \sqrt{1+f^2}}{2\sqrt{1+f^2}} \right) e^{\omega_{\text{ш}} t (f + \sqrt{1+f^2} + 1)} + \left(\frac{f + \sqrt{1+f^2}}{2\sqrt{1+f^2}} \right) e^{\omega_{\text{ш}} t (f - \sqrt{1+f^2} + 1)} - 1 \right); \quad (31)$$

На основании полученного уравнения построена зависимость дальности полета частицы высокоэнергетических кормов от времени ее полета и угловой скорости выгрузного шнека (рис. 2).

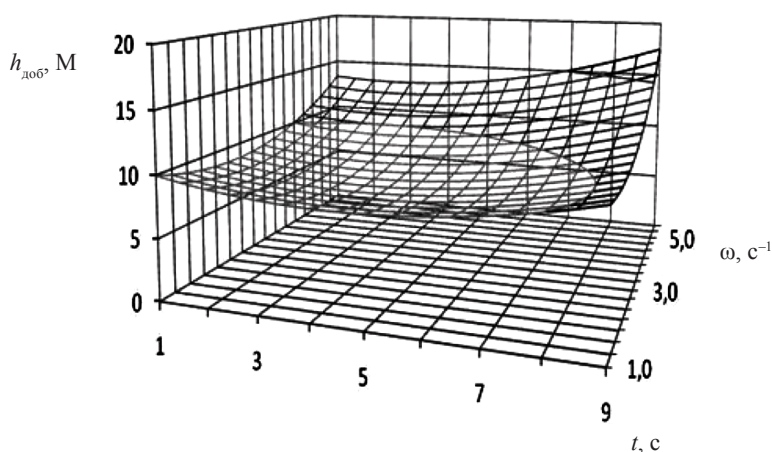


Рис. 2. Зависимость дальности полета частицы высокоэнергетических кормов от времени полета и угловой скорости шнека

Анализ зависимости (31) позволил установить, что при расчетном времени полета частиц высокоэнергетических кормов (2–3 с) угловая скорость выгрузного шнека равна $\omega = 4,4 \text{ с}^{-1}$. При указанных параметрах дальность полета в слой стебельчатых кормов частицы многокомпонентной высокоэнергетической добавки равна 8 мм. Для реализации малозатратной механизированной технологии разработан двухбункерный мобильный смеситель-раздатчик кормов (рис. 3).

Машина состоит из колесной базы, на которой закреплен бункер для стебельчатых кормов I , их дозирование осуществляется установленными перед выгрузным окном отбойными битерами.

Транспортировка, смешивание и выдача животным многокомпонентной высокоэнергетической добавки осуществляются в модуле 2, расположенном с противоположной стороны бункера стебельчатых кормов I . При раздаче кормов животным дозированные стебельчатые корма поступают с бункера I на выгрузной транспортер. Высокоэнергетические корма через выгрузное окно поступают на поток сходящих с выгрузного транспортера стебельчатых кормов.



Рис. 3. Общий вид мобильного смесителя-раздатчика кормов: 1 – бункер для стебельчатых кормов; 2 – модуль для многокомпонентной высокоэнергетической добавки

Таким образом, машина обеспечивает дозированную выдачу стебельчатых и высокоэнергетических кормов, формирует из них кормосмесь без специальных энергоемких смешивающих рабочих устройств. Объемы бункеров определяются в зависимости от соотношения кормов в рационе животных. Применение мобильного модульного смесителя-раздатчика кормов снижает энергоемкость транспортных работ до 10,1 %.

Смеситель-раздатчик СРК-10 внедрен в производство на ОАО «Бобруйскагромаш». Новизна конструкции смесителя-раздатчика кормов и его технических элементов защищена патентами Республики Беларусь [15].

Выводы

1. Способ приготовления кормосмеси, основанный на пересекающихся в воздухе потоках кормов с разными физико-механическими свойствами, позволяет снизить энергоресурсопотребление подготовки кормов к скармливанию и раздачи их животным.

2. Дальность полета частицы многокомпонентной высокоэнергетической добавки в воздухе в слой стебельчатых кормов зависит от физико-механических свойств кормов, угловой скорости шнека и времени полета частицы корма.

3. Данный параметр позволяет создать мобильный модульный смеситель-раздатчик кормов с бункером для стебельчатых кормов и расположенным с противоположной его стороны модулем для многокомпонентной высокоэнергетической добавки, они обеспечивают образование кормосмеси на ленте выгрузного транспортера пересекающимися во взвешенном состоянии встречными кормовыми потоками.

Литература

1. *Алехин, А. В.* К оценке технологий приготовления кормов / А. В. Алехин // *Механизация технологических процессов в животноводстве.* – Барнаул, 1987. – С. 51–57.
2. *Денисов, Н. И.* Нормированное кормление коров / Н. И. Денисов, Т. С. Мельников. – М. : Колос, 1973. – 207 с.
3. *Белявский, Ю.* Эффективность кормления коров полнорационными кормосмесями / Ю. Белявский, В. Скоркин // *Молочное и мясное скотоводство.* – 1972. – № 3. – С. 5–6.
4. *Краско, В. В.* Полнорационные кормосмеси в кормлении коров / В. В. Краско, Г. И. Шведова // *Науч. тр. ВАСХНИЛ.* – М., 1975. – С. 14–18.
5. *Зафрен, С. Я.* Технология приготовления кормов: справ. пособие / С. Я. Зафрен. – М. : Колос, 1977. – 240 с.
6. *Игловиков, В. Г.* Повышение качества и эффективности использования кормов / В. Г. Игловиков [и др.]; под ред. М. А. Смуригина. – М. : Колос, 1983. – 317 с.
7. *Омельченко, А. А.* Кормораздающие устройства / А. А. Омельченко, Л. М. Куцин. – М. : Машиностроение, 1971. – 240 с.
8. *Рыжов, С. В.* Зарубежная техника для животноводства и кормопроизводства / С. В. Рыжов, В. С. Рыжов // *Механизация и электрификация сельского хозяйства.* – 1990. – № 12. – С. 51–54.

9. Рыжов, С. В. Новая техника для животноводства: сегодня и завтра / С. В. Рыжов // Техника и оборудование для села. – 2000. – № 5. – С. 7–12.
10. Рыжов, С. В. Развитие средств механизации для животноводства / С. В. Рыжов // Техника в сельском хозяйстве. – 1999. – № 2. – С. 16–19.
11. Китун, А. В. Малозатратная технология машины для приготовления и раздачи кормов / А. В. Китун. – Витебск: Витеб. гос. акад. вет. мед., 2005. – 188 с.
12. Китун, А. В. Механизация процесса приготовления и раздачи кормов на скотоводческих фермах на основе многофункциональных модульных агрегатов / А. В. Китун. – Минск: Белорус. гос. аграр. техн. ун-т, 2009. – 207 с.
13. Китун, А. В. Энергосберегающая технология использования кормов на фермах крупного рогатого скота / А. В. Китун // Агропанорама. – 2004. – № 4. – С. 27–29.
14. Способ приготовления кормосмеси : пат. 14472 Респ. Беларусь, МПК7 С 1 А23К 1/16 / В. Г. Самосюк, В. И. Передня, А. В. Китун, А. Л. Тимошук, А. М. Тарасевич, А. А. Романович; заявитель Науч.-практ. центр НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства. – № а 200881547; заявл. 04.12.08; опубл. 10.03.11. // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2011. – № 1. – С. 74.
15. Смеситель-раздатчик кормов: пат. 1688 Респ. Беларусь МПК7 А 01 К 5/02 / В. И. Передня, А. В. Китун, А. А. Передня, А. А. Китун, В. М. Глецевич; заявитель Белорус. гос. аграр. техн. ун-т. – № u 20040176; заявл. 12.04.04; опубл. 30.12.04 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2004. – № 7. – С. 125.

A. V. KITUN

COST-EFFECTIVE WAY OF FEED MIXTURE FORMATION

Summary

The methodology for calculation of the distance of flight of particles of a polycomponent high energy additive in a layer of grass fodder is presented. Obtained is the equation taking into account physical and mechanical characteristics of fodder, technical parameters of a screw for fodder transportation. On the basis of this equation the dependence of the distance of flight of particles of high energy fodder on the time of flight and angular rate of a screw is obtained.

The results of the proposed research are implemented while creating the mobile fodder-mixer СРК-10. This machine distributes grass and high energy fodder; forms fodder mixtures without special energy consuming mixers.

ПЕРАПРАЦОЎКА І ЗАХАВАННЕ СЕЛЬСКАГА СПАДАРЧАЙ ПРАДУКЦЫІ

УДК 664.8.067.16

З. В. ЛОВКИС, М. П. ШАБЕТА

ФИЛЬТРАЦИЯ ЖИДКОТЕКУЧИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СУСПЕНЗИЙ В ПИЩЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ

*Научно-практический центр НАН Беларуси по продовольствию, Минск, Беларусь,
e-mail: info@belproduct.com*

(Поступила в редакцию 30.03.2015)

Разделение технологических суспензий на промышленных предприятиях часто связано со значительными экономическими затратами.

Процесс разделения суспензий с использованием пористых перегородок, которые задерживают твердую фазу суспензии и пропускают ее жидкую часть, называют фильтрованием. Фильтрование зачастую дает такой качественный эффект разделения, какой трудно достигнуть другим способом.

Эффективность процесса фильтрования зависит от многих факторов, в первую очередь к которым следует отнести:

- концентрацию твердой фазы в жидкости;
- размер частиц твердой фазы;
- структуру осадка, образующегося на фильтровальной перегородке (кристаллический, аморфный);
- выбранный способ создания перепада давлений над и под фильтровальной перегородкой (при постоянной разности давлений, при постоянной скорости фильтрования, при переменных разностях давлений и скорости фильтрования);
- интервал рабочего перепада давлений;
- выбранный метод фильтрования (с образованием осадка, с закупориванием пор);
- динамическую вязкость жидкой фазы и др. [1].

Существующие закономерности фильтрования, как правило, основаны на классической теории перемещения жидкости в капиллярной системе фильтрующей перегородки и отфильтровываемого осадка, при этом и фильтрующая перегородка, и осадок рассматриваются практически как несжимаемые структуры, имеющие постоянный удельный объем и пористость по мере накопления осадка и его сжатия.

Проведенные исследования на примере обезвоживания картофельной мякоти методом фильтрования позволили установить степень соответствия режимов фильтрования через фильтры с эластичным органическим осадком основам фильтрования через кристаллические структуры осадков, на которых обоснованы существующие закономерности фильтрования, а также изучить фильтрационные характеристики твердой фазы суспензии.

В соответствии с теорией фильтрования по Плаксину [2], скорость фильтрования определяют из выражения

$$v = \frac{V}{\tau F}, \quad (1)$$

где V – объем отфильтрованной жидкости, м³; τ – продолжительность фильтрования, с; F – площадь поверхности фильтрования, м².

Согласно уравнению Навье-Стокса, составляющие средней скорости движения жидкости в капиллярах фильтровальной перегородки в проекциях на оси x и y в декартовой системе координат составляют:

$$v_x = -\frac{\delta^2}{3\mu} \cdot \frac{dP}{dx}; \quad (2)$$

$$v_y = -\frac{\delta^2}{3\mu} \cdot \frac{dP}{dy}, \quad (3)$$

где δ – расстояние между стенками капилляра, м; P – давление фильтрации, Па; μ – коэффициент динамической вязкости, Па·с.

Коэффициент динамической вязкости (μ) оказывает влияние на параметры касательных напряжений, т.е. способность жидкости сопротивляться сдвигу одного слоя относительно другого. Коэффициенты динамической вязкости (μ) и кинематической вязкости (ν) связаны плотностью среды (ρ):

$$\mu = \nu \rho.$$

Коэффициент кинематической вязкости среды (суспензии) зависит в большей степени от температуры. Зависимость коэффициента кинематической вязкости ν некоторых жидкостей от температуры представлена в табл. 1.

Таблица 1. Зависимость коэффициента кинематической вязкости ν некоторых жидкостей от температуры, $\text{см}^2/\text{с}$

Жидкость	Температура, °C						
	0	10	20	30	40	50	60
Вода	0,0180	0,0130	0,0100	0,0080	0,0067	0,0056	0,0048
Молоко	–	0,0240	0,0170	–	–	–	–
Спирт	–	0,0190	0,0151	0,0130	0,0100	–	–
Масло растительное	18,0000	7,5000	3,0000	1,3000	0,6500	0,5000	0,2800

Скорость перемещения жидкости в единичном капилляре округлой формы (скорость фильтрования, м/с) определяется из уравнения Пуазейля:

$$v = \frac{d^2}{32\mu} \cdot \frac{\Delta p}{L_n}, \quad (4)$$

где d – диаметр поры, м; L_n – средняя длина пор в пористом материале толщиной Δx , м.

Из уравнений (2)–(4) следует, что скорость фильтрования прямо пропорциональна давлению над фильтровальной перегородкой и квадрату расстояния между противоположными стенками в капилляре, обратно пропорциональна толщине перегородки и динамической вязкости фильтруемой жидкости.

Движущей силой процесса является перепад давлений $\Sigma(\Delta p)$ над и за фильтровальной перегородкой:

$$\Sigma(\Delta p) = \Delta p + \rho gh, \quad (5)$$

где Δp – статическое давление, создаваемое механизмом подачи жидкости на фильтрацию, (Па); ρgh – пьезометрическое давление жидкости на фильтровальную перегородку, Па; ρ – плотность фильтруемой жидкости, $\text{кг}/\text{м}^3$; g – ускорение силы земного притяжения, $\text{м}/\text{с}^2$; h – высота столба жидкости над фильтровальной перегородкой, м.

Для реальных фильтров при значительной высоте столба жидкости h значение второго члена правой части уравнения (5) может быть существенным. При исследованиях, где величина h не превышает нескольких сантиметров, значение данного члена уравнения очень мало и в дальней-

шем нами не принимается в расчет, а в качестве Δp рассматривается только статическое давление механизма подачи суспензии над фильтровальной перегородкой.

Если принять, что на единице поверхности площади фильтрующего материала располагается n ($1/\text{м}^2$) пор, площадь поперечного сечения каждой из которых равна $\pi d^2/4$, то объемный расход жидкости Q ($\text{м}^3/\text{с}$) через фильтр площадью F (м^2) составит:

$$Q = v \frac{\pi d^2}{4} n F. \quad (6)$$

Подставив из уравнения (4) в уравнение (6) значение v будем иметь:

$$Q = \frac{2,45 \cdot 10^{-2} \cdot F n}{L_n} \cdot \frac{d^4}{\mu} \cdot \Delta p. \quad (7)$$

В данном уравнении присутствуют величины d , n , L_n , которые на практике определить не представляется возможным.

Французский инженер-исследователь Дарси путем обобщения экспериментальных данных о гидравлическом сопротивлении пористых тел, в частности несжимаемых грунтов, получил зависимость для скорости фильтрования через пористые несжимаемые фильтры:

$$v = \frac{d^2}{\lambda \mu} \cdot \frac{\Delta p}{L}. \quad (8)$$

Здесь λ – коэффициент пропорциональности (в законе Дарси называется коэффициентом сопротивления фильтра, или коэффициентом сопротивления Дарси).

Для тонкостенных фильтровальных перегородок среднюю длину пор принято отождествлять с толщиной фильтровальной перегородки, следовательно:

$$L = \Delta x.$$

Используя уравнение Дарси (8), расход жидкости через фильтр, состоящий из чистой пористой перегородки, можно представить в следующем виде:

$$Q = Fv = \frac{F d^2}{\mu} \cdot \frac{\Delta p}{\lambda_n \Delta x_n}, \quad (9)$$

где λ_n – коэффициент сопротивления фильтровальной перегородки; Δx_n – толщина фильтровальной перегородки, м.

Анализ уравнения (9) показывает, что при увеличении коэффициента сопротивления фильтра для обеспечения одной и той же производительности Q требуется увеличить давление над фильтровальной перегородкой.

Для процесса фильтрования жидкости через фильтровальную перегородку с несжимаемым осадком уравнение (9) примет следующий вид:

$$Q = Fv = \frac{F d^2}{\mu} \cdot \frac{\Delta p}{\lambda_n \Delta x_n + \lambda_0 \Delta x_0}, \quad (10)$$

где λ_n – коэффициент сопротивления фильтрованию осадка; Δx_n – толщина слоя осадка на фильтре, м.

В последней формуле отражено, что осадок и фильтрующий материал образуют последовательно соединенные сопротивления движению жидкости, т.е.

$$(\lambda \Delta x) \Sigma = \lambda_n \Delta x_n + \lambda_0 \Delta x_0.$$

Зависимость расхода жидкости, проходящей через поверхность фильтрационного материала, от перепада давления при постоянной вязкости называется гидравлической характеристикой.

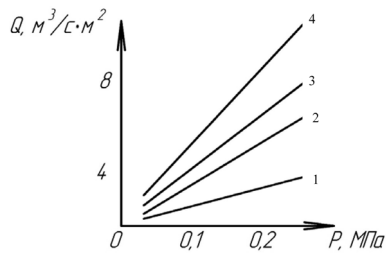


Рис. 1. Гидравлические характеристики фильтровальных материалов: 1 – картон; 2 – сетка; 3 – бумага; 4 – фетр

На рис. 1 приведены гидравлические характеристики некоторых фильтрационных материалов для жидкости вязкостью 0,157 П·с.

Анализ графиков на рис. 1, с одной стороны, показывает, как зависит скорость фильтрования (м/с) через названные фильтровальные материалы, с другой стороны, указывает на то, что при условии непроникновения частиц осадка через фильтрационную перегородку, целесообразно использовать фильтр-ткань, близкую по гидравлическим характеристикам к фетру.

При $\lambda_0 \gg \lambda_n$ и $\Delta x_0 \gg \Delta x_n$ произведением $\lambda_n \Delta x_n$ можно пренебречь, тогда выражение (10) можно представить

$$Q = \frac{F d^2}{\mu} \cdot \frac{\Delta p}{\lambda_0 \Delta x_0}. \quad (11)$$

Выразив из уравнения (11):

$$\frac{d^2}{\lambda_0} = k, \quad (12)$$

получим уравнение закона Дарси для состояний, когда фильтрующий слой является одновременно и фильтровальной перегородкой и осадком:

$$Q = \frac{k F \Delta p}{\mu \Delta x}, \quad (13)$$

где k – коэффициент фильтрации, характеризующий фильтровальную среду и жидкость одновременно (зависит от размера частиц их формы, шероховатости, пористости среды, вязкости фильтруемой жидкости).

Согласно уравнению Козени-Кармана [3]:

$$k = \frac{\varepsilon^3}{c S^2}, \quad (14)$$

где ε – пористость среды; c – константа формы пор; S – удельная поверхность среды.

Приравняв уравнения (12) и (14), имеем

$$\frac{d^2}{\lambda} = \frac{\varepsilon^3}{c S^2},$$

откуда:

$$\lambda = \frac{d^2 c S^2}{\varepsilon^3}. \quad (15)$$

Уравнение (15) показывает, что коэффициент сопротивления фильтра (фильтрующей перегородки с осадком или осадка без учета фильтрующей перегородки) обратно пропорционален кубу коэффициента пористости фильтровальной перегородки, т.е. чем ниже пористость, тем выше в кубической зависимости коэффициент сопротивления фильтра.

Исходя из уравнения (13) имеем:

$$k = \frac{Q \mu \Delta x}{F \Delta p}. \quad (16)$$

Размерность коэффициента фильтрации k в системе СИ выражается в м².

За единицу коэффициента фильтрации принята единица Дарси (Д; D; d) 1Д = 1,019716 · 10⁻¹² = 1,019716 мкм² [5]. Это внесистемная единица. Она связана с несколькими системами измерений

и выражает проницаемость такой пористой среды, при фильтровании через образец которой площадью 1 см^2 и толщиной 1 см при перепаде давления $\Delta p/\Delta x$ в 1 кгс/см расход жидкости с вязкостью 1 сп составляет $1 \text{ см}^3/\text{с}$.

Промышленный опыт работы и описанные результаты исследований показывают, что в зависимости от природы твердой фракции, осаждаемой на фильтровальной перегородке, осадки могут быть несжимаемыми, частично сжимаемыми и сжимаемыми.

Сжатие осадка снижает его пористость и увеличивает его сопротивление фильтрованию. При отфильтровывании сжимаемого осадка на реальном фильтре, снабженном фильтровальной перегородкой в соответствии с выражением (10) сопротивление фильтра зависит от d ; λ_n ; Δx_n ; λ_0 ; Δx_0 , которые, в свою очередь, в процессе фильтрования в меньшей или большей степени изменяются за счет изменения перепада давлений Δp .

В общем случае зависимость коэффициента сопротивления фильтрованию сжимаемого осадка от перепада давления может выражаться формулой

$$\lambda_0 = \lambda'_0 (\Delta p)^\zeta, \quad (17)$$

где λ'_0 – коэффициент сопротивления осадка при Δp , близких к 0; ζ – экспериментально определяемая постоянная, безразмерная величина, индивидуальная для каждого осадка, с интервалом существования $\zeta = (0 \div 1)$.

При $\zeta = 0$ осадок несжимаем, его сопротивление фильтрованию не изменяется с изменением перепада давления Δp ;

При $\zeta = 1$ давление на фильтре не влияет на выход фильтрата, так как сопротивление осадка при этом пропорционально возрастает.

Для определения конкретных фильтрационных характеристик на примере твердой фазы жидкой картофельной мезги были проведены исследования по изучению структуры осадка мезги, коэффициента проницаемости и скорости фильтрования через слой осадка мезги в интервале давлений $(0-1,2) \cdot 10^5 \text{ Па}$.

Исследования проводили на автоматической фильтрационной установке «AutoFilter» (Германия). Для исследований использовали жидкую картофельную мезгу крахмального завода ОАО «Новая Друть». Предварительно перед исследованиями жидкую мезгу подвергали отстаиванию и доводили до массовой доли сухих веществ в мезге $СВ_{исх} = 5,8 \%$.

В качестве фильтрующей перегородки использовали синтетическую фильтр-ткань толщиной $0,5 \text{ мм}$ с очень низким показателем сжимаемости (менее 5%).

При проведении исследований был сделан ряд допущений.

1. В соответствии с уравнением (10) на основании того, что $\lambda_0 \gg \lambda_n$ и $\Delta x_0 \gg \Delta x_n$ при определении объемного выхода фильтрата Q и коэффициента проницаемости мезги k произведением $\lambda_n \Delta x_n$ пренебрегли, хотя его влияние косвенно в незначительной степени отразилось в значении коэффициента k .

2. Значение массовой доли сухих веществ в соковой воде ($СВ_{со}$) составляло $0,4 \%$. Плотность $\rho_{со}$ составляла $1,001 \text{ г/см}^3$. Как показали исследования, твердая составляющая жидкой картофельной мезги частично тонет, частично всплывает на поверхность жидкой мезги, что свидетельствует о ее средней плотности, близкой к 1.

В связи с изложенным было принято допущение, что плотность твердой части в жидкой мезге: $\rho_{твм} = \rho_{со} = \rho_{в} = 1$. Это позволило при очень небольших погрешностях значительно упростить расчеты за счет идентификации значений массы и объема этих компонентов.

3. В связи с тем, что высота столба фильтруемой мезги в экспериментальном стакане имела максимальное значение $5,8 \text{ см}$ (58 мм), что составляло около $0,5 \%$ от внешнего давления фильтрования, значение пьезометрического давления в расчете влияния давления на фильтрационные характеристики мезги не учитывалось.

4. Поскольку пространство под фильтрующей перегородкой свободно сообщалось с атмосферным давлением в процессе всего периода исследований, перепад давления Δp был равен внешнему давлению фильтрования, создаваемому компрессором и задаваемому на фильтрационной установке.

Использованный нами метод определения фильтрационных характеристик осадка жидкой картофельной мезги предусматривал следующую последовательность проведения исследований:

1. Исходную мезгу с соответствующими ей показателями в количестве $m_{исп}$ загружали в экспериментальный стакан установки AutoFilt, герметически закрывали стакан и автоматически мгновенно создавали над объемом мезги требуемое давление воздуха в интервале значений $(0-1,2) \cdot 10^5$ Па через каждые $0,2 \cdot 10^5$ Па. Образцы мезги выдерживали под заданным давлением Δp_i до тех пор, пока из него не прекращала выделяться соковая вода.

2. При каждом конкретном значении давления Δp_i с помощью мерного цилиндра определяли количество отфильтрованной соковой воды из мезги m_{co} – от m_{co0} до m_{coi} .

3. По разнице $(m_{исп} - m_{coi}) = m_{mi}$ определяли остаточное количество мезги в экспериментальном стакане после i -го фильтрования под i -м Δp .

4. По количеству m_{mi} определяли толщину слоя мезги Δx_i в стакане после i -го фильтрования под i -м Δp по формуле

$$\Delta x_i = \frac{V_{mi}}{F_{ст}} = \frac{m_{mi}}{F_{ст}}.$$

5. На основании уравнения баланса сухих веществ в исходной мезге по уравнению

$$m_{тв.м} = \frac{m_{м.исх} (CB_{исх} - CB_{co})}{100 - CB_{co}} \quad (18)$$

определили массу твердых компонентов в жидкой мезге. Для всех значений Δp_i при одинаковом значении $m_{исх}$ количество твердых компонентов мезги в фильтруемом образце оставалось постоянным $m_{тв.м} = \text{const}$.

6. Исходя из определения «Пористость осадка – это безразмерная величина, характеризующая отношение объема пор к объему твердой фракции осадка» по формуле определяли пористость для каждого значения Δp_i :

$$\varepsilon_i = \frac{m_{mi} - m_{тв.м}}{m_{тв.м}}. \quad (19)$$

7. На осадки мезги, полученные в стакане при каждом значении давления Δp_i , и имеющие приобретенные значения Δx_i и ε_i , наливали одинаковое количество чистой воды при температуре 20°C в объеме V_b и при этом же давлении Δp_i определяли продолжительность фильтрования данного объема воды, получая значения продолжительности фильтрования от $\tau_{\phi 0}$ до $\tau_{\phi i}$.

8. Объемный расход воды через фильтр (через слой осадка с фильтрующей перегородкой) площадью F , равной площади стакана F_c определяли по формуле

$$Q = \frac{V_b}{\tau_{\phi i}}. \quad (20)$$

9. Скорость фильтрования определяли по формуле

$$v_{\phi i} = \frac{Q_i}{F_c}. \quad (21)$$

10. Выполнив все подстановки значений величин в системе СИ, определяли коэффициент фильтрации (коэффициент проницаемости) мезги в м^2 для каждого Δp_i :

$$k_i = \frac{Q_i \mu \Delta x_i}{F_c \Delta p_i}. \quad (22)$$

11. Выполнив пересчет путем деления полученных значений k_i на коэффициент 1,019716, получили значения k_i в ед. Дарси.

На рис. 2–6 представлены графические зависимости показателей, характеризующих фильтрационные свойства картофельной мезги от давления фильтрования Δp .

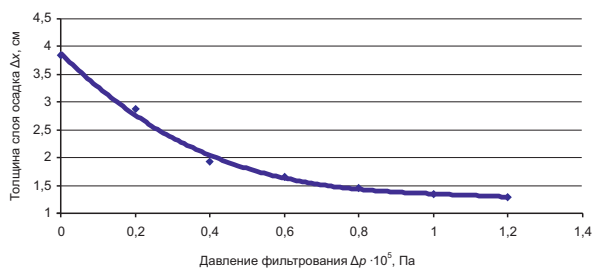


Рис. 2. Зависимость толщины слоя осадка мезги Δx на фильтровальной перегородке от давления фильтрации

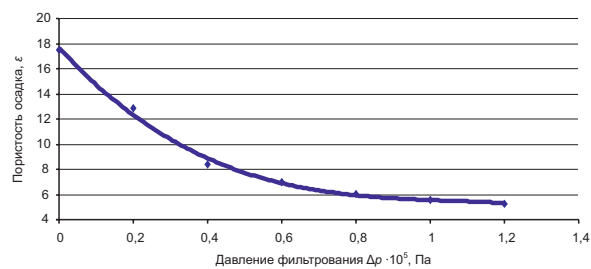


Рис. 3. Зависимость пористости осадка мезги ϵ на фильтровальной перегородке от давления фильтрации

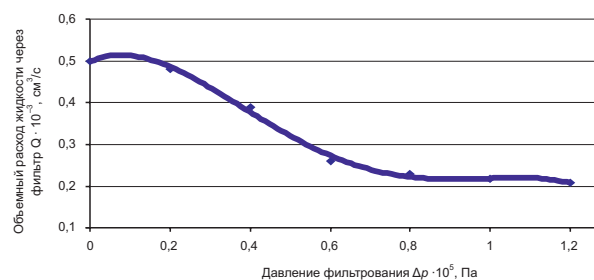


Рис. 4. Зависимость объемного расхода жидкости (воды) Q через слой осадка площадью 78 см^2 от давления фильтрации, при котором сформирован осадок

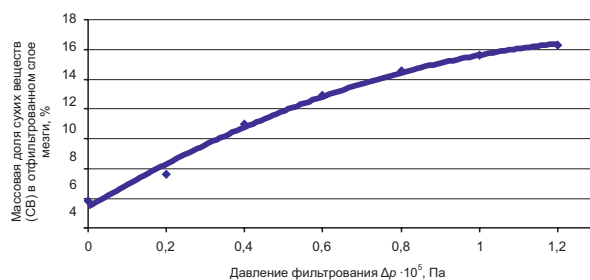


Рис. 5. Зависимость массовой доли сухих веществ в слое мезги на фильтрующей перегородке от давления фильтрации

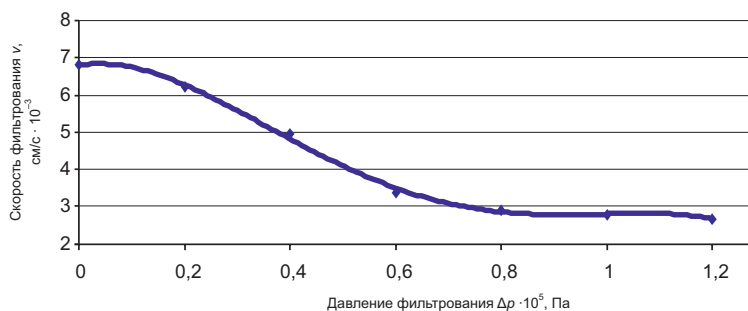


Рис. 6. Зависимость скорости фильтрации через осадок на фильтрующей перегородке от давления фильтрации

Зависимость коэффициента проницаемости осадка мезги на фильтрующей перегородке от давления фильтрации представлена в табл. 2.

Таблица 2. Зависимость коэффициента фильтрации осадка мезги на фильтрующей перегородке от давления фильтрации

Коэффициент фильтрации, $k \cdot 10^{-3}$, Д	Давление фильтрации, $p \cdot 10^5$, Па
433	0
168	0,2
23	0,4
9,2	0,6
5,3	0,8
3,8	1,0
2,8	1,2

Выводы

1. Осадок, полученный при выделении плотной фракции картофельной мезги путем фильтрации, является сжимаемым. Так, при повышении давления фильтрации над осадком до

$1,2 \cdot 10^5$ Па объем осадка уменьшается более чем на 65 % (см. рис. 2), при этом его пористость уменьшается до 70 % (см. рис. 3).

2. Объемный расход жидкости (воды) Q , отфильтровываемый через осадки мезги, сформированные при различных давлениях фильтрования Δp , падает по мере увеличения давления, асимптотически приближаясь к некоторому значению Q , близкому к величине $Q = 2,2 \cdot 10^5$ см³/с через площадь фильтрации 1 см². То есть, процесс фильтрования переходит в режим, когда объемный расход жидкости через фильтр и скорость фильтрования стремятся к некоторым постоянным значениям за счет изменения фильтрационных характеристик осадка независимо от увеличения перепада давления фильтрования Δp (см. рис. 4, 6). Это указывает на то, что изменение сопротивления фильтрованию осадка картофельной мезги подчиняется закону, представленному формулой (17), при этом показатель степени ζ достигает значения 1 при давлениях Δp , близких к $(1,3-1,4) \cdot 10^5$ Па. Данный результат исследований означает, что выделение плотной фракции мезги методом фильтрования целесообразно вести при давлении фильтрования не более $(1,2-1,4) \cdot 10^5$ Па до толщины осадка на фильтровальной перегородке 1–1,2 см, поскольку увеличение давления не дает увеличения объемного выхода отфильтровываемой жидкости, а фильтрование с увеличением толщины слоя осадка ведет к снижению выхода фильтрата и скорости фильтрования.

3. Коэффициент проницаемости осадка, образуемого плотной фракцией картофельной мезги, наиболее чувствителен к давлению, при котором формируется осадок и протекает процесс фильтрования (см. табл. 2). Кратность его снижения в интервале перепада давлений $(0,2-1,2) \cdot 10^5$ Па достигает 60.

4. Оптимальной массовой долей сухих веществ в осадке твердой фракции картофельной мезги, полученной путем фильтрования, можно считать 15–17 % (см. рис. 5).

На основании результатов проведенных исследований и учитывая то, что ценным компонентом картофельной мезги является ее твердая фракция, для конкретных условий обезвоживания жидкой картофельной мезги методом фильтрования можно рекомендовать использовать или непрерывный процесс вакуумного фильтрования с отделением осадка мезги с поверхности вакуум-фильтра или осуществлять процесс фильтрования на саморазгружающихся камерных фильтр-прессах; вести процесс фильтрования при давлениях, не превышающих значения $(1,3-1,4) \cdot 10^5$ Па, до толщины слоя осадка на фильтровальной перегородке 1,5 см.

Литература

1. Касаткин, А. Г. Процессы и аппараты химической технологии / А. Г. Касаткин. – М.: Химия, 1971. – С. 784.
2. Плаксин, Ю. М. Процессы и аппараты пищевых производств / Ю. М. Плаксин, Н. Н. Малахов, В. А. Ларин. – М.: Колос, 2007. – С. 269–278.
3. Бабеньшев, С. П. Моделирование мембранных процессов жидких систем / С. П. Бабеньшев, П. С. Чернов, Д. С. Мамай // Науч. журнал Кубан. ГАУ. – 2012. – № 76 (02).
4. Закон Дарси [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://frutmrut.ru/zakon-filtracii-darsi/>. – Дата доступа: 18.02.2015.
5. Деньгуб, В. М. Единицы величин: словарь-справ. / В. М. Деньгуб, В. Г. Смирнов. – М.: Издательство стандартов, 1990. – С. 41.
6. Ловкис, З. В. Фильтрационные характеристики картофельной мезги / З. В. Ловкис, А. В. Куликов, М. П. Шабета // Пищевая промышленность: наука и технологии. – 2012. – № 3. – С. 40–47.

Z. V. LOVKIS, M. P. SHABETA

FILTRATION OF FLUID SUSPENSIONS IN FOOD TECHNOLOGIES

Summary

The article deals with the theoretical bases for filtration of fluid suspensions in food technologies. The research on determining filtration characteristics of suspensions has been conducted using the example of liquid potato pulp. Obtained is the dependence of thickness of a residue layer of the suspension solid phase on the filtrated partition, residue porosity, filtration speed, the coefficient of the suspension residue permeability and dry solids weight ratio in the residue layer on the filtrated partition on filtration pressure.

РЕФЕРАТЫ

УДК 338.436.33(470+476+574)

Гусаков, В. Г. Механизмы устойчивого сбалансированного развития продуктовых структур в рамках кластерного институционального пространства продовольственной системы Евразийского экономического союза / В. Г. Гусаков, А. П. Шпак, М. И. Запольский, А. В. Пилипук, Ф. И. Субоч // Вес. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. аграр. наук. – 2015. – № 2. – С. 4–18.

На основе проведенных исследований установлено, что целостность кластерного институционального пространства оказывает непосредственное воздействие на свойства и качества отдельных элементов, составляющих продовольственную систему ЕАЭС. Их развитие становится невозможным или неэффективным вне системы, вне взаимодействия с другими ее элементами. Свойства продуктовых структур как целостной продовольственной системы ЕАЭС определяются не только и не столько суммированием отдельных элементов, сколько свойствами их структуры, особыми системообразующими интеграционными связями.

Ил. 2. Табл. 3. Библиогр. – 7 назв.

УДК 339.137:[637+664](476)

Байгот, М. С. Конкурентоспособность сельскохозяйственной продукции Беларуси на внешних рынках: методология оценки и реализация экспортного потенциала / М. С. Байгот // Вес. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. аграр. наук. – 2015. – № 2. – С. 19–29.

В настоящей работе предложены методологические подходы по оценке эффективности экспорта и конкурентоспособности сельскохозяйственной продукции и продовольствия на внешних рынках; определению потенциальных объемов экспорта отечественной продукции; выявлению перспективных рынков сбыта белорусской аграрной продукции. Обоснованы направления исследований конъюнктуры мирового продовольственного рынка, методов и способов регулирования внешнеэкономической деятельности в потенциальных странах-импортерах. Выявлен уровень таможенно-тарифной и нетарифной защиты аграрной продукции в отдельных странах и сообществах, определены прогнозные параметры емкости отечественных продуктовых рынков, включающие внутреннее потребление, экспорт и импорт.

Ил. 4. Табл. 6. Библиогр. – 7 назв.

УДК 338.436:001.891(476)

Запольский, М. И. Научные основы интеграционных процессов в АПК Беларуси / М. И. Запольский // Вес. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. аграр. наук. – 2015. – № 2. – С. 30–35.

В статье предложены научные основы преобразования структуры национального АПК на принципах кооперации и интеграции путем создания крупных продуктовых компаний. Разработана интеграционная модель усиления национальной продовольственной конкурентоспособности, включающая весь комплекс институциональных условий, рычагов и механизмов рыночного развития АПК при сохранении социальных гарантий государства.

Библиогр. – 5 назв.

УДК 631.445.24:631.416.9:[633.1:631.559]

Михайловская, Н. А. Влияние обеспеченности дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы обменным магнием на ее биологическую активность и урожайность сельскохозяйственных культур / Н. А. Михайловская, О. М. Таврыкина, Ю. В. Путьгин, Т. В. Погирницкая // Вес. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. аграр. наук. – 2015. – № 2. – С. 36–46.

В полевом эксперименте, моделирующем разную насыщенность дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы обменным магнием – в диапазоне 71, 84, 137, 172, 181 и 243 мг/кг и выровненной обменной кислотности, проведены микробиологические и биохимические исследования. Установлено, что в диапазоне содержания Mg^{2+} в почве от 71 до 172 мг/кг при внесении полного минерального удобрения отмечается рост микробной биомассы, метаболической активности микробных сообществ, интенсивности ключевых микробиологических процессов, регулирующих почвенное плодородие – аммонификации, минерализации углеводов и гумификации растительных остатков (биологически обоснованный диапазон). При насыщении почвы Mg^{2+} до 180 мг/кг отмечается замедление, а при достижении концентрации Mg^{2+} до 243 мг/кг – депрессия почвенных микробиологических и биохимических процессов, что подтверждается данными по урожайности ячменя и кукурузы.

Ил. 3. Табл. 4. Библиогр. – 32 назв.

УДК 633.367:631.527 (476)

Привалов, Ф. И. Перспективы возделывания, селекции и семеноводства люпина в Беларуси / Ф. И. Привалов, В. Ч. Шор // Вес. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. аграр. наук. – 2015. – № 2. – С. 47–53.

В статье рассматриваются достоинства выращивания и использования люпина в условиях республики. Изложены перспективы возделывания, селекции и семеноводства. Показано, что максимальное использование в севооборотах люпина позволит в ближайшие годы приостановить деградацию почвенного плодородия, решить проблему кормового растительного белка, улучшить качество и себестоимость животноводческой продукции, повысить рентабельность сельскохозяйственного производства.

Ил. 1. Табл. 4.

УДК 633.112.9 «324»:[631.524.86:632.4]

Долматович, Т. В. **Маркирование генов устойчивости к бурой ржавчине и их экспрессия на разных стадиях онтогенеза у сортов и перспективных образцов озимого тритикале** / Т. В. Долматович, А. А. Булойчик, В. С. Борзяк, С. И. Гриб, В. Н. Буштевич // Вес. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. аграр. наук. – 2015. – № 2. – С. 54–59.

Проведена лабораторная оценка устойчивости 49 сортообразцов озимого тритикале к клонам возбудителя бурой ржавчины на стадии проростка. Обнаружено, что у озимого сорта тритикале Модерато и образцов 13/14, 23/14, 24/14, 77/14, 81/14 идентифицирована транслокация 1RS.1BL с генами устойчивости Lr26/Yr9/Sr31. Показано, что сортообразцы конкурсного испытания озимого тритикале 114/14, 115/14 обладали устойчивостью к бурой ржавчине на всех стадиях онтогенеза. Полевой устойчивостью обладали также образцы 10/14, 79/14, 102/14, 103/14, 108/14, 109/14, 116/14, сорта Модерато и Динаро.

Ил. 2. Табл. 3. Библиогр. – 15 назв.

УДК 634.734/737.631.52

Божидай, Т. Н. **Анализ генетической стабильности растений голубики сорта Duke, полученных в культуре *in vitro*** / Т. Н. Божидай, Н. Н. Волосевич, Н. В. Кухарчик // Вес. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. аграр. наук. – 2015. – № 2. – С. 60–63.

Эффективность используемых методов размножения имеет большое значение для крупномасштабного производства, однако более важным является получение генетически однородного посадочного материала.

В результате проведенных исследований оценена возможность использования 54 олигонуклеотидных праймеров для анализа генетической стабильности растений голубики сорта Duke, полученной в культуре *in vitro*, с помощью RAPD-PCR и отобраны 6 праймеров (OPA 01, OPA 10, OPE 3, OPN 14, OL 1, OL 8), дающие максимальное количество хорошо различимых полос. Установлено, что отобранные праймеры при амплификации с анализируемыми ДНК-матрицами генерировали идентичные RAPD-спектры, что указывает на отсутствие варибельности между маточным растением и клонами голубики сорта Duke.

Ил. 1. Табл. 2. Библиогр. – 15 назв.

УДК 633.88:582.975:631.81.095.337(476.6)

Тарасевич, А. Г. **Химический состав валерианы лекарственной и вынос элементов минерального питания продукцией** / А. Г. Тарасевич, В. В. Лапа, Г. М. Милоста // Вес. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. аграр. наук. – 2015. – № 2. – С. 64–69.

Определен вынос макро- и микроэлементов в полевых исследованиях, которые проводились в почвенно-климатических условиях Гродненской области на дерново-подзолистой супесчаной почве, подстилаемой моренным суглинком. Установлено, что в среднем растения валерианы потребляли из почвы 135,3–184,9 кг/га азота, 55,9–69,9 кг/га P₂O₅; 143,0–177,8 кг/га K₂O; 96,4–120,1 кг/га CaO; 29,1–37,0 кг/га MgO; 74,7–101,7 г/га бора; 51,4–64,6 г/га меди; 171–210,7 г/га цинка. По количеству потребляемых элементов питания с единицы площади их можно расположить в следующем порядке убывания: K > N > Ca > P > Mg. В расчете на 10 ц корней и соответствующим количеством листовой массы валерианы лекарственной выносятся 36,0–40,2 кг азота; 14,4–15,9 кг фосфора; 35,8–40,7 кг калия; 25,3–27,8 кг кальция; 7,7–8,7 кг магния; 18,8–22,1 г бора; 11,6–16,3 г меди и 41,8–48,9 г цинка. Основная часть фосфора, калия, кальция и магния выносятся листьями, большая часть бора, меди и цинка – корнями.

Табл. 3. Библиогр. – 5 назв.

УДК 633.1:632.768.12:632.952(476)

Бойко, С. В. **Пьявицы р. *Oulema* в агроценозах зерновых культур Беларуси** / С. В. Бойко, О. Ф. Слабожанкина // Вес. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. аграр. наук. – 2015. – № 2. – С. 70–75.

Изучение экологии и биологии пьявиц в условиях Беларуси показало, что к доминирующим вредителям зерновых культур из семейства листоедов (*Chrysomelidae*) относятся следующие виды пьявиц: синяя (*Oulema gallaeciana* Heyd. = (*O. lichenis* Voet.)) и красногрудая (*O. melanopus* L.). В агроценозах центральной агроклиматической зоны республики обнаружен вид-двойник пьявицы красногрудой *O. duftschmidi* Rdt.

Установлено, что на распространенность вредителей и биологию их развития влияет изменение климатических условий в республике, агроклиматическая зона возделывания культуры, сортовые особенности растения-хозяина, гранулометрический состав почвы, температура почвы в зимний и весенний периоды и температура воздуха при откладке яиц, развитии личиночных стадий и куколки. Изучена вредоносность и разработаны экономические пороги вредоносности вредителя для зерновых культур, разных агроклиматических зон республики и сортов пшеницы отечественной селекции. Приведены результаты биологической и хозяйственной эффективности инсектицидов в снижении численности и вредоносности вредителей.

Табл. 4. Библиогр. – 3 назв.

УДК 636.4.082.265

Шейко, И. П. **Репродуктивные качества свиноматок при скрещивании с гибридными хряками специализированных мясных пород** / И. П. Шейко, Л. А. Танана, И. С. Коско, Н. В. Приступа, А. Ч. Бурнос // Вес. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. аграр. наук. – 2015. – № 2. – С. 76–80.

С целью улучшения откормочных и мясных качеств товарного молодняка при сохранении высокой воспроизводительной способности были проведены исследования по изучению репродуктивных качеств свиней отечественной и импортной селекции при породно-линейной гибридизации. Установлено, что скрещивание гибридных маток (БКБ×Й) с терминальными хряками (Д×П) обеспечивает достаточно высокий уровень репродуктивных качеств маток данного сочетания: (БКБ×Й)×(Д×П) многоплодие – 12,0 гол., масса гнезда при рождении – 21,6 кг, молочности – 62 кг.

Табл. 5. Библиогр. – 4 назв.

УДК 636.2.087.7:582.282

Голушко В. М. Субстрат после выращивания гриба вешенка обыкновенная (*Pleurotus ostreatus*) в кормлении крупного рогатого скота / В. М. Голушко, М. А. Надаринская, А. И. Козинец, О. Г. Голушко, Т. Г. Козинец // Вес. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. аграр. наук. – 2015. – № 2. – С. 81–88.

В статье представлены результаты исследований по изучению влияния скармливания отработанного субстрата твердофазной культуры *Pleurotus ostreatus* в составе рациона для молодняка крупного рогатого скота. Установлено, что скармливание отработанного субстрата телятам до 12-месячного возраста и на откорме способствует повышению продуктивности, улучшению переваримости питательных веществ и гематологических показателей.

Табл. 5. Библиогр. – 10 назв.

УДК 636.597.03

Никитина, И. А. Влияние направленного отбора в ряде поколений на продуктивные и мясные качества уток кросса «Темп» / И. А. Никитина // Вес. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. аграр. наук. – 2015. – № 2. – С. 89–94.

В статье представлены результаты по изучению влияния направленного отбора на продуктивность уток и мясные качества линейных и гибридных утят на протяжении трех поколений. Использование системы оценки утят по комплексу признаков при отборе ремонтного молодняка дает возможность повысить яйценоскость уток на 4,9–6,3 %, вывод утят – на 2–3,6 п.п., живую массу гибридных утят – на 6,1 %, массу потрошенной тушки – на 8,5 %.

Табл. 6. Библиогр. – 8 назв.

УДК 639.3:591.5(476)

Агеец, В. Ю. Экологические проблемы рыбоводства в Республике Беларусь и пути их решения / В. Ю. Агеец // Вес. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. аграр. наук. – 2015. – № 2. – С. 95–101.

В статье представлены данные о загрязнении прудовых вод при применении интенсивных технологий выращивания рыбы с использованием концентрированных кормов и удобрений, что приводит к ухудшению среды обитания, болезням, снижению рыбопродуктивности, а также к увеличению объема загрязненных сточных вод, сбрасываемых с прудов в открытые водотоки. В целях минимизации негативного влияния рыбохозяйственной деятельности на открытые водотоки производство рыбы в рыбоводных хозяйствах республики необходимо осуществлять с учетом экологических требований. Разработаны основные пути решения экологических проблем в прудовом рыбоводстве республики.

Табл. 6. Библиогр. – 8 назв.

УДК 631.3(476)

Ленский, А. В. Методические аспекты оптимизации парка технических средств для растениеводства / А. В. Ленский, Е. М. Иванов, Е. Каждан // Вес. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. аграр. наук. – 2015. – № 2. – С. 102–111.

В статье рассмотрены принципы разработки программного комплекса для планирования производственной деятельности предприятия в отрасли растениеводства. Приведено математическое описание модели оптимизации машинно-тракторного парка и формирования расписания полевых работ, варианты расчета статей затрат денежных средств на эксплуатацию машин и оборудования.

Ил. 3. Табл. 3. Библиогр. – 7 назв.

УДК 631.363.7

Китун, А. В. Малозатратный способ формирования кормосмеси животным / А. В. Китун // Вес. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. аграр. наук. – 2015. – № 2. – С. 112–117.

Приведена методика определения дальности полета частиц многокомпонентной высокоэнергетической добавки в встречном слое стебельчатых кормов. Получено уравнение, учитывающее физико-механические свойства кормов, технические параметры шнека, обеспечивающего транспортировку кормов. На основании уравнения получена зависимость дальности полета частицы высокоэнергетических кормов от времени ее полета и угловой скорости выгрузного шнека.

Результаты предложенных в статье теоретических результатов реализованы при создании мобильного смесителя-раздатчика кормов СРК-10, который поставлен на производство на ОАО «Бобруйскагромаш». Данная машина обеспечивает дозированную выдачу стебельчатых и высокоэнергетических кормов, формирует из них кормосмесь без специальных энергоемких смешивающих рабочих устройств.

Ил. 3. Библиогр. – 15 назв.

УДК 664.8.067.16

Ловкис, З. В. Фильтрация жидкотекучих технологических суспензий в пищевых технологиях / З. В. Ловкис, М. П. Шабета // Вес. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. аграр. наук. – 2015. – № 2. – С. 118–125

В статье рассмотрены теоретические основы фильтрации жидкотекучих технологических суспензий в пищевых технологиях. Проведены исследования по определению фильтрационных характеристик суспензий на примере жидкой картофельной мезги. Получены зависимости толщины слоя осадка твердой фазы суспензии на фильтровальной перегородке, пористости осадка, скорости фильтрования, коэффициента проницаемости осадка суспензии и массовой доли сухих веществ в слое осадка на фильтрующей перегородке от давления фильтрования.

Ил. 6. Табл. 2. Библиогр. – 6 назв.