

УДК 662.7:633

## АЛЬТЕРНАТИВНОЕ РАСТИТЕЛЬНОЕ СЫРЬЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА БИОДИЗЕЛЯ

С.М. КАЛЕНСКАЯ<sup>1</sup>, А.В. ЮНИК<sup>1</sup>, В.П. КАЛЕНСКИЙ<sup>1</sup>,  
В.З. МАКАРЯВИЧЕНЕ<sup>2</sup>, Э.А. СЕНДЖИКЕНЕ<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины,  
<sup>2</sup> Университет имени Александра Стульгинскиса, Литва)

*Мировые запасы минерального топлива, или невозобновляемых источников энергетического сырья, близки к истощению, в связи с чем возрастает интерес к альтернативным энергетическим источникам и сырьевой базе их производства. Целью наших исследований было установление эффективности выращивания масличных яровых культур и использования растительных масел для производства биодизеля. Проведена комплексная оценка качества растительных масел и соответствия показателей критериям Европейского стандарта EN14214, который регламентирует качество биодизеля.*

*Наивысшую урожайность семян среди яровых масличных культур на черноземах типичных малогумусных в условиях Лесостепи Украины формирует рапс яровой — 2,53 т/га, наименьшую — сурепица яровая — 1,60 т/га. Проведенная сравнительная оценка метиловых эфирное растительного и животного происхождения свидетельствует о том, что стандарту EN 14214 отвечает метиловый эфир, полученный из рапсового масла.*

*Ключевые слова: масличные яровые культуры, урожайность, биодизель, качество растительного масла, энергетическая эффективность.*

Мировые запасы минерального топлива, или невозобновляемых источников энергетического сырья (нефть, газ, каменный и бурый уголь), близки к истощению, а мировое производство энергии из альтернативных (восстанавливаемых) источников растет и будет расти в дальнейшем — это факт, который не вызывает сомнения. Украина, как и большинство стран Европы, не может сама себя полностью обеспечить энергоносителями и вынуждена большую их часть импортировать. Ежегодно все больше стран мира декларируют свою заинтересованность в производстве топлива из возобновляемых ресурсов, все более широко используются энергоносители биологического происхождения, или биотопливо: биодизель, биоэтанол, твердое биотопливо, биогаз [2, 6].

Выращивая сельскохозяйственные культуры с целью получения сырья для биотоплива, можно снизить негативные эффекты технологий выращивания, которые проявляются в виде эмиссии газов, регулируя систему удобрения культур, выращивая азотфиксирующие культуры (смешанные, промежуточные и подсевные культуры). Возобновляемое растительное сырье является менее рискованным при переработке, доставке и хранении в сравнении с нефтью, газом, углем и ураном [4].

Увеличение производства биотоплива в мире сопровождается обострением проблемы обеспечения возрастающего населения планеты продуктами питания

и конфликта между направлениями использования растительного сырья, где предпочтение, конечно, должно отдаваться продовольствию.

С целью снижения производства дизельного биотоплива из пищевого сырья необходимо осуществлять поиск альтернативного сырья для его производства, используя потенциал масличных растений, как традиционных, так и культур, которые не имеют широкого использования, а также отработанных жиров или масел. Расширение перечня культур, которые можно выращивать с целью дальнейшей переработки на биодизель, для Украины весьма актуально [6, 10]. К тому же производство рапса озимого в Украине имеет определенные ограничения, которые связаны с недостаточной стойкостью сортов и гибридов к зимним экстремальным факторам, что часто вызывает его вымерзание на значительных площадях, а сорта и гибриды рапса ярового за уровнем урожайности, конечно, уступают озимому. Кроме подсолнечника и рапса, заслуживают внимания такие культуры, как горчица белая и сизая, сурепица, редька масличная и др. [7, 8]. Особенное значение они приобретают в качестве возможного источника для производства биотоплива. Исходя из этого, *целью наших исследований* было установление эффективности выращивания масличных яровых культур и использования растительных масел для производства биодизеля; проведение комплексной оценки качества растительных масел и соответствия показателей качества критериям Европейского стандарта EN 14214, который регламентирует качество биодизеля [1, 9].

### Методика исследований

Полевые исследования проводили в стационарном опыте кафедры растениеводства, который представлен 10-польным зернопропашным севооборотом и находится в ОП НУБиП Украины «Агрономическая опытная станция», в 2005-2011 гг. Лабораторные исследования проводили в лабораториях кафедры растениеводства НУБиП Украины и лаборатории химических и биохимических исследований в природоохранных технологиях Университета им. Александра Стульгинского (г. Каунас, Литва).

Почва опытного участка — чернозем типичный малогумусный легкосуглинистый на лессе, типичная почва для зоны проведения исследований. Пахотный слой почвы содержит 4,4% гумуса; легкогидролизуемого азота — 10,6-11,4; подвижного фосфора — 6,2-6,5; обменного калия — 8,9-10,6 мг/100 г почвы и характеризуется такими параметрами: рН — 6,87-7,3; емкость поглощения — 30,7-32,5 мг-экв/100 г почвы; плотность почвы в равновесном состоянии — 1,16-1,25 г/см<sup>3</sup>. Почвенные воды залегают на глубине 5-6 м.

Территория станции размещена в северной части лесостепи Украины с умеренно-теплым и влажным климатом. Сумма осадков за год составляет 550 мм, а за период с температурами выше 10 °С — 320 мм. Распределение их в течении вегетации и по интенсивности неравномерное. Сумма положительных температур выше 10 °С составляет 2550 °С. Погодные условия в вегетационные периоды проведения исследования характеризовались значительными колебаниями от средних многолетних показателей. В частности, вегетационные периоды характеризовались более поздним наступлением весны, что, в свою очередь, влияло на сроки сева опытных культур, и высокими температурами во второй половине апреля — мае. Количество осадков в весенний период вегетационных периодов проведения исследований было значительно меньше средних многолетних показателей. Температурный

режим летнего периода роста и развития растений соответствовал многолетним показателям, а количество осадков существенно отличалось от многолетних показателей, и они имели неустойчивый характер. Несмотря на отклонения погодных условий от средних многолетних показателей, они в целом соответствовали биологическим особенностям и требованиям культур.

Площадь учетной делянки 25 м<sup>2</sup>, повторность четырехкратная. При проведении полевых исследований руководствовались общепринятыми методиками для сортоиспытательных станций и научно-исследовательских учреждений [3, 5]. Технология выращивания культур — рекомендованная для данной зоны.

Основной целью исследований было идентифицировать масличные яровые культуры по урожайности, качеству растительного сырья, пригодности его использования для производства биодизеля.

**Схема полевого опыта** предусматривала изучение следующих культур:

1. Рапс яровой (*Brcissicci napus oleifera* DC.).
2. Сурепица яровая (*Brcissicci campestris* L.).
3. Горчица белая (*Sinctpis alba* L.).
4. Горчица сизая (*Brcissicci juncea* Gzem.).
5. Редька масличная (*Raphctnus sativus* L.).
6. Рыжик яровой (*Camelina sativa* Granz.).
7. Лен масличный (*Limim asitatissimam* L.).

Под основную обработку почвы в осенний период вносили N<sub>30</sub>P<sub>40</sub>K<sub>70</sub>, а под предпосевную обработку почвы — 30 кг/га действующего вещества азота в форме аммиачной селитры.

Содержание жирных кислот в маслах определяли в соответствии с методиками стандартов EN 5508, EN 5509. Параметры метиловых эфиров определяли в соответствии с методиками стандарта EN 14214. Стойкость к окислению метиловых эфиров в соответствии со стандартом Литвы LST EN 14112 определяли за тестом Рансимата.

### Результаты и их обсуждение

Климатический и почвенный потенциал Украины в целом, и зоны лесостепи особенно, является благоприятным для возделывания как традиционных, так и менее распространенных в производстве масличных культур. Целью наших исследований было сравнительное изучение масличных яровых культур, растительное сырье которых можно использовать для получения биодизеля и других продуктов технической переработки. Проведенные исследования показали, что наиболее урожайной культурой в условиях лесостепи Украины является рапс яровой. Средняя урожайность за 2005-2011 гг. составила 2,53 т/га, что на 0,24-0,93 т/га больше по сравнению с другими исследуемыми культурами (табл. 1). Стабильную урожайность за период исследований формировала горчица белая — 2,29 т/га и лен масличный — 2,16 т/га.

Такие культуры, как горчица сизая, рыжик яровой и редька масличная, оказались более чувствительными к погодным факторам, что проявилось в более низкой урожайности — 1,91; 1,87 и 1,78 соответственно. Значительно уступала по урожайности сурепица яровая — 1,60 т/га.

Содержание жира в семенах исследуемых культур отличается и варьирует от 30,5 до 47,6%. Наибольшее содержание жира накапливалось в семенах рыжика яро-

**Продуктивность яровых масличных культур** (среднее за 2005-2011 гг.)

Культура	Урожайность, т/га	Содержание жира в семенах, %	Выход масла, т/га
Рапс яровой	2,53	44,9	1,14
Сурепица яровая	1,60	30,5	0,49
Горчица белая	2,29	26,8	0,61
Горчица сизая	1,91	37,0	0,71
Редька масличная	1,78	30,5	0,54
Рыжик яровой	1,87	47,6	0,89
Лен масличный	2,16	44,7	0,97
НСР <sub>05</sub>	0,11	2,2	

вого — 47,6%, рапса ярового — 44,9 и льна масличного — 44,7%. Содержание жира в семенах редьки масличной (30,5%), сурепицы яровой (30,5%) и горчицы белой (26,8%) было существенно меньше, чем в семенах других культур.

Максимальный выход жира с посевной площади получили при выращивании рапса ярового — 1,14 т/га, что обеспечивалось высокой урожайностью и высоким содержанием жира в семенах. Выращивая лен масличный и рыжик яровой, можно получить 0,97 и 0,89 т/га.

Растительные жиры являются видоспецифическими: жир каждого вида имеет свойственное только ему качественное и количественное содержание жирных кислот. В зависимости от того, какие жирные кислоты входят в состав жира, он имеет разную консистенцию и различные свойства. Направление использования растительных масел в первую очередь зависит от состава жирных кислот, соотношения между насыщенными, мононенасыщенными и полиненасыщенными жирными кислотами. Масла с большим количеством ненасыщенных кислот (линолевая и линоленовая) имеют жидкую консистенцию и благодаря низкой точке застывания под воздействием кислорода воздуха способны полимеризоваться в высокомолекулярные соединения и образовывать твердые пленки, которые относительно быстро высыхают. Чем большая часть ненасыщенных жирных кислот, тем ниже точка застывания и оно более жидкое при плюсовых температурах.

Для проведения сравнительного анализа качества растительных масел, полученных в результате выращивания масличных культур, нами были взяты для анализа также животные жиры и использованное (отработанное) в пищевой промышленности масло, которые могут быть также использованы для производства биодизеля в различных композициях и смесях.

Полученные нами результаты анализов показали, что растительные масла и жиропродукты существенно отличались как по соотношению насыщенных и ненасыщенных жирных кислот, так и преобладанию той или другой кислоты. Растительные масла преимущественно состояли из ненасыщенных (моно- и полиненасы-

ценных) кислот: 95,3% — в рапсовом масле, 88,5% — в льняном масле, 84,7% — в рыжиковом масле; в то же время технический животный жир содержал только 46,6% ненасыщенных кислот, а использованное пищевое масло — 61,8% (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

Содержание жирных кислот в масле, %

Жирная кислота	Рапсовое масло	Льняное масло	Рыжиковое масло	Технический животный жир	Использованное пищевое масло
<b>Насыщенные:</b>	<b>4,7</b>	<b>11,5</b>	<b>15,3</b>	<b>53</b>	<b>38,2</b>
C14:0 (миристиновая)			0,5	2	1,1
C15:0 (пентадекановая)		0,1		0,5	0,1
C16:0 (пальмитиновая)	3,5	7,0	11,7	28,1	24,3
C17:0 (гептадекановая)				1,4	0,4
C18:0 (стеариновая)	1,2	3,9	3,1	21	12,3
C20:0 (арахисовая)		0,5			
<b>Мононенасыщенные:</b>	<b>61,2</b>	<b>19,7</b>	<b>30,2</b>	<b>40,0</b>	<b>45,3</b>
C12:1 (лауролеиновая)				0,9	
C14:1 (миристолеиновая)				2,5	2,1
C18:1 (олеиновая)	61,2	19,2	14,5	36,5	36,4
C20:1 (айкосеновая)		0,5	13,3		1,9
C22:1 (эруковая)			2,4		
<b>Полиненасыщенные:</b>	<b>34,1</b>	<b>68,8</b>	<b>54,5</b>	<b>6,6</b>	<b>16,5</b>
C18:2 (линолевая)	24,6	16,9	20,2	6,1	15,4
C18:3 (линоленовая)	9,5	51,9	34,3	0,5	1,1

В масле рапса ярового больше всего содержится ненасыщенной олеиновой кислоты — 61,2%. Высокое содержание олеиновой кислоты отмечено также в масле горчицы белой и горчицы сизой — 33,8 и 33,2% соответственно. В масле льна масличного и рыжика ярового больше всего содержится линоленовой кислоты — 51,9 и 34,3% соответственно. Эруковая кислота была обнаружена только в рыжиковом масле — 2,4%, а в рапсовом и льняном масле обнаружены только следы этой кислоты.

Масло рыжика, благодаря большому количеству ненасыщенных кислот, относится к группе быстровысыхающих масел, поэтому оно и используется в производстве экологически чистых полимеров, лаков и красок. Масло рыжика, как многие другие растительные масла, может быть использовано для получения биодизеля, но только после специальной обработки и в смеси с другими маслами.

Масло льна масличного не отвечает требованиям стандарта EN 14214 в части содержания линолевой и полиненасыщенных жирных кислот. В связи с этим необходимо изучать возможность производства биодизеля, используя смесь метиловых эфиров жирных кислот рыжика и метиловых эфиров жирных кислот животного происхождения или использованного пищевого масла.

В технических животных жирах и использованном пищевом масле нами установлено довольно высокое содержание насыщенных жирных кислот.

Физические и химические свойства биодизеля должны отвечать качеству минерального дизельного топлива и требованиям Европейского стандарта EN 14214, который страны ЕС приняли как национальный стандарт в 2003 г. или же внесли изменения и дополнения в свои национальные стандарты с учетом требований этого стандарта. Свойства биодизеля оцениваются по нескольким показателям, значения которых определяются стандартами: кислотное число, число омыления, йодное число, температура холодной фильтрации, содержание эфира, содержание метилового эфира линоленовой кислоты и некоторые другие. Йодное число характеризует степень ненасыщенности кислот, а кислотное число — нейтрализацию свободных кислот.

Проведенная нами сравнительная оценка метиловых эфиров растительного и животного происхождения свидетельствует о том, что по комплексной оценке наиболее полно стандарту EN 14214 отвечает метиловый эфир, полученный из рапсового масла (табл. 3). Использование масла из рыжика, льна, жиров животного происхождения как источников для получения биодизеля ограничивается их химическими

Т а б л и ц а 3

**Качество метиловых эфиров (МЭ)**

Показатель	Допустимые значения (EN 14214)	Рапсовый МЭ	Льняной МЭ	Рыжиковый МЭ	Животный МЭ
Содержание эфира, %	Минимум 96,5	98,7	98,1	97,6	97,8
Плотность при 15 °С, кг/м <sup>3</sup>	860-900	882	896	888	867
Вязкость при 40 °С, мм <sup>2</sup> /с	3,50-5,00	4,88	4,77	4,21	5,14
Содержание воды, мг/кг	Макс. 500	280	380	320	430
Окислительная стабильность, 110 °С, ч	Мин. 6,0	8,2	0,38	0,53	0,44
Кислотное число, мг КОН/г	Макс. 0,50	0,3	0,5	0,32	0,4
Йодное число, г I <sub>2</sub> /100 г	Макс. 120	116,3	176,2	145	51,5
Метиловый эфир линоленовой кислоты, %	Макс. 12	9,5	48	38,1	10,1
Содержание метанола, %	Макс. 0,2	0,15	0,1	0,18	0,18
Содержание фосфора мг/кг	Макс. 10	9,0	9,5	9,5	9,8
Температура холодной фильтрации, °С	Мин. -5	-9	-8	-9	+18

свойствами, в частности окислительной стабильностью, йодным числом, содержанием метилового эфира линоленовой кислоты. Метилловые эфиры этих культур могут использоваться для получения биотоплива после доработки или в смеси с рапсовым маслом.

Низкотемпературные свойства биотоплива очень важны, особенно при использовании топлива в холодный период года. В ЕС используются два стандарта для дизельного топлива: стандарт LST EN 590 для минерального дизельного топлива, в которое разрешается добавлять до 5% метиловых эфиров жирных кислот, и стандарт LST EN 14214 для чистого дизельного биотоплива.

В указанных стандартах приведена классификация топлива по таким показателям, как температура холодной фильтрации. Использование метиловых эфиров животного происхождения для производства биотоплива лимитируется высокой температурой фильтрации — по нашим данным, +18 °С. Наиболее эффективным способом улучшения низкотемпературных свойств метиловых эфиров животного происхождения является смешивание с минеральным дизельным топливом, а учитывая тенденции увеличения использования продуктов биологического происхождения, целесообразно в такие смеси добавлять и третий компонент — рапсовый метиловый эфир. Проведенные нами эксперименты по составлению смесей с различным соотношением компонентов позволили установить, что добавление в зимнее дизельное топливо 20% метиловых эфиров жирных кислот, которые состоят из рапсового метилового эфира и метиловых эфиров животного происхождения, в соотношении 7:3 способствует снижению температуры фильтрации ниже минус 23 °С.

Энергетика растительного сырья — это комплексная оценка, характеризующая химические, физические свойства и возможность применения в технических целях. Энергетически наиболее ценными оказались семена рапса: при сжигании 1 г семян рапса было получено 26,9 Дж энергии; льна масличного — 26,2; сурепицы яровой и рыжика ярового — по 25,5; редьки масличной — 25,1; горчицы сизой — 24,3; горчицы белой — 22,8 Дж (табл. 4).

Т а б л и ц а 4

**Биоэнергетическая оценка основной и побочной продукции  
масличных яровых культур (среднее за 2005-2011 гг.)**

Культура	Содержание энергии в сырье, Дж/г		Выход энергии с урожаем, ГДж/га	
	семена	масло	семена	масло
Рапс яровой	26,9	39,5	68,1	45,0
Сурепица яровая	25,5	38,6	40,8	18,9
Горчица белая	22,8	40,3	52,1	24,6
Горчица сизая	24,3	40,4	46,4	28,7
Редька масличная	25,1	41,3	44,8	22,3
Рыжик яровой	25,5	37,5	47,7	33,4
Лен масличный	26,2	37,3	56,6	36,2

Валовой выход энергии с одного гектара посева масличных культур определялся как энергетической ценностью семян, так и урожайностью культуры. Выход энергии в пересчете на урожайность семян колебался от 44,8 до 68,1 ГДж/га, а в пересчете на масло — от 18,9 до 45,0 ГДж/га (табл. 4). Самый высокий выход валовой энергии был получен при выращивании рапса ярового — 68,1 ГДж/га, льна масличного — 56,6; горчицы белой — 52,1 ГДж/га.

### Выводы

Климатические и почвенные ресурсы лесостепи Украины благоприятны для возделывания широкого спектра масличных яровых культур, которые конкурентоспособны как по уровню урожайности, так и по качественному составу масла, что открывает широкие возможности его универсального использования, в том числе и для производства биодизеля.

Наивысшую урожайность семян среди яровых масличных культур на черноземах типичных малогумусных в условиях лесостепи Украины формирует рапс яровой — 2,53 т/га, наименьшую — сурепица яровая — 1,60 т/га. Самое высокое содержание жира в семенах рыжика ярового — 47,6%. Наибольший выход растительного масла обеспечивает рапс яровой — 1,14 т/га, а самый низкий — сурепица яровая — 0,49 т/га.

Растительные масла семян масличных яровых культур, выращенных в условиях лесостепи Украины, могут быть использованы для производства биодизеля или в чистом виде, преимущественно для этого можно использовать только масло рапса или в смесях с различным соотношением компонентов. В качестве компонентов смеси для улучшения качественных характеристик биодизеля можно использовать растительные масла с соответствующим химическим составом, жиры животного происхождения и отработанное пищевое масло.

Проведенная сравнительная оценка метиловых эфиров растительного и животного происхождения свидетельствует о том, что стандарту EN 14214 отвечает метиловый эфир, полученный из рапсового масла.

### Библиографический список

1. Бюпалива (технологи, машини і обладнання) / В. Дубровш, М. Корчемний, І. Масло, О. Шептицький, А. Рожковський, А. Гжибек, З. Пасторек, П. Свич, Т. Амон, В. Криворужко. К.: ЦТ1 «Енергетика і електрифікація», 2004. 256 с.
2. *Вишівський П.С., Митчинок О.О.* Ринок ршаку та ршаково! олп // Е ко но Мі ка АПК. 2003. №6. С. 111-114.
3. *Грицаенко З.М. та Ун.* Методи бюлопчних та агрохппчних дослвджень рослин і ґрунтів / З.М. Грицаенко, А.О. Грицаенко, В.П. Карпенко. К: ЗАТ «НІЧЛАВА», 2003. 320 с.
4. *Каленська С. та Ун.* Бюдизельне паливо: сировина, технологи виробництва і властивосп / С. Каленська, Д. Рахметов, В. Каленський, А. Юник, Г. Качура, М. Овчук, К. Колоднічук, В. Макарев і чене, Е. Залекас. Каunas: КОРА, 2011. Р. 105.
5. *Медведовський О.К., Іваненко П.І.* Енергетичний аналіп штенсивних технологш в сшьськогоподарському виробництвг К.: Урожай, 1988. 206 с.
6. *Шпаар Д. и др.* Возобновляемые растительные ресурсы / Д. Шпаар, Д. Драгер, С.М. Каленская, Д. Рахметов. Санкт-Петербург; Пушкин, 2006. Книга 1. 415 с.
7. *Шпаар Д. и др.* Рапс и сурепица (Выращивание, уборка, использование) / Под общей редакцией Д. Шпаара. Д. Шпаар, Д. Драгер, Ф. Эльмер. М.: ИД ООО «DLV АГРОДЕЛО», 2007. 320 с.



8. Юник А.В. Продуктивність олійних культур родини Brassicaceae залежно від норм внесення мінеральних добрив на чорноземах типових малогумусних // Науковий вісник НАУ К, 2008. № 126. С. 141-147.

9. Directive 2009/28/EC of the European Parliament and the Council of 8 May 2003 on the promotion of the use of biofuels or the other renewable fuels for transport. OJ L 123, 2003. P. 42-16.

10. Productivity and Energy Value of Spring Oilseed Crops in Ukraine / S. Kalenska, D. Rakhmetov, A. Iunyuk, E. Kachura, V. Kalenskiy, O. Kozlenko // The Fifth international scientific Conference rural Development. Kaunas, 2011. P. 479.

## ALTERNATIVE VEGETATIVE ROW SOURCES FOR BIODIESEL PRODUCTION

S.M. KALENSKAYA<sup>1</sup>, A.V. YUNIK, V.P. KALENSKIY<sup>1</sup>,  
V.Z. MAKAREVICIENE<sup>2</sup>, E.A. SENDZIKIENE<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,  
<sup>2</sup> Aleksandras Stulginskis University, Lithuania)

*The World supplies of fossil mineral fuels are non-renewable and close to depletion, at the same time production of energy from alternative resources tends to continuous growth. The major of our research was focused on estimation of spring oilseed crops cultivation efficiency and use of vegetative oil as raw source for biofuel production. The vegetative oils quality estimation and their correspondence to EN 14214 standards that regulate biodiesel quality was performed.*

*The highest yield of seed among oilseed crops grown on typical chernozems with low humus content under conditions of Ukrainian Forest-Steppe forms spring rape — 2.53 t/ha and lowest — spring cress — 1.6 t/ha. Comprehensive estimation of methyl esters of vegetable and animal origin showed that methyl ester derived from rape oil fits the EN 14214 standard.*

*Keywords: oilseed crops, spring rape (Brassica napus oleifera DC.), productivity, biodiesel, methyl ester.*

Каленская Светлана Михайловна — д. с.-х. н., проф., чл.-корр. НААН, зав. кафедрой растениеводства (Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины; тел. +380445278508; e-mail: kalenskaya@nubip.edu.ua).

Юник Анатолий Васильевич — к. с.-х. н., доц. кафедры растениеводства (Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины; тел. +380445278626; e-mail: yunikav@bigmir.net).

Каленский Виктор Петрович — к. с.-х. н., проф. кафедры агрохимии и качества продукции растениеводства им. О.И. Душечкина (Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины; тел. +380445278119; e-mail: inter@nubip.edu.ua).

Макарявичене Виолетта Зеновна — проф., зав. лабораторией химических и биохимических исследований в природоохранных технологиях (Университет им. Александра Стульгинского (Литва); тел. +37037752292; e-mail: Violeta.Makareviciene@asu.lt).

Сенджикене Эгле Альгиновна — ст. науч. сотр. лаборатории химических и биохимических исследований в природоохранных технологиях (Университет им. Александра Стульгинского (Литва); тел. +37037752292; e-mail: egle.sendzikiene@asu.lt).