4. Technological machines and equipment, environmental engineering (Fundamentals of theory and calculation of the total reclamation machines) / under the General editorship of Professor Yu. G. Revin. – M.: publishing house of the Russian state agrarian University-MTAA, 2016. – 230 p.

Сведения об авторах

Принадлежность к организации

Насонов Сергей Юрьевич – старший преподаватель Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный аграрный университет-МСХА имени К. А. Тимирязева», Россия, г. Москва, e-mail: sergei.nasonow@mail.ru.

Author credentials

Affiliations

Nasonov Sergey – senior lecturer of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Russian State Agrarian University-Moscow State Agricultural Academy named after K. A. Timiryazev", Moscow, Russia, e-mail: sergei.nasonow@mail.ru.

Поступила в редакцию (Received): 07.07.2021 Принята к публикации (Accepted): 13.08.2021

УДК 665.11; 581.5; 504.5

DOI: 10.35887/2305-2538-2021-4-64-73

ХИМИЧЕСКИЙ СТРЕСС СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ И СПОСОБ ЕГО СНИЖЕНИЯ

¹Романцова Светлана Валерьевна

¹Гладышева Ирина Владимировна

¹Вервекина Наталья Владимировна

²Нагорнов Станислав Александрович

²Ликсутина Анна Павловна

²Корнев Алексей Юрьевич

¹ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина»

²ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве»

Реферат. Одной из задач растениеводства в настоящее время является устранение стрессовых факторов, ухудшающих состояние сельскохозяйственных структур. При действии стрессового фактора снижается скорость фотосинтетических процессов, а значит, и урожайность сельскохозяйственных культур. Исследовано влияние поллютантов отработавших газов автомобильных двигателей на пять видов сельскохозяйственных растений: подсолнечник, соя, овес, горох, пшеница. Установлено, что загрязнение от отработавших газов автомобилей приводит к снижению содержания хлорофилла *a* (до 40%), хлорофилла *b* (до 60%) и каротиноидов (до 70%) в сельскохозяйственных растениях, произрастающих в непосредственной близости от автомагистрали по сравнению с участком поля, расположенном на значительном удалении от дороги. Чувствительность фотосинтетического аппарата изученных сельскохозяйственных культур по отношению наиболее высока у подсолнечника и овса. Самой низкой чувствительностью характеризуется соя. Максимальное снижение соотношения хлорофиллов *a* и *b* было зарегистрировано для овса, что говорит о его низкой стрессоустойчивости. Наилучший защитный механизм по отношению к воздействию поллютантов отработавших газов наблюдается у сои. Предложено применение биодизельного топлива как способ снижения стрессового воздействия отработавших газов на сельскохозяйственные культуры. Зарегистрировано улучшение экологических показателей работы двигателя трактора МТЗ-80 при его работе на топливной смеси, содержащей 60% (об.) товарного нефтяного дизельного топлива и 40% биодизельного топлива. При использовании топливных композиций дымность

отработавших газов на 10-21% ниже, содержание в них оксида углерода (II) снижается на 12-24%, а содержание несгоревших углеводородов на 12-32% по сравнению с нефтяным топливом.

Ключевые слова: биодизельное топливо, фотосинтетические пигменты, стрессоустойчивость растений биения.

CHEMICAL STRESS OF AGRICULTURAL PLANTS AND METHOD OF ITS REDUCTION

¹Romantsova Svetlana

¹Gladysheva Irina

¹Vervekina Natalia

²Nagornov Stanislav

²Lixutina Anna

²Kornev Alexey

¹FSBEI HE "Tambov State University named after G.R. Derzhavin"

²All-Russian Scientific and Research Institute of Use of Techniques and Oil Products in Agriculture

Abstract. One of the tasks of crop production at the present time is to eliminate stress factors that worsen the condition of agricultural structures. The rate of photosynthetic processes decreases by the action of a stress factor, and hence the productivity of agricultural crops. The influence of pollutants of exhaust gases of automobile engines on five types of crops such as sunflower, soybeans, oats, peas, and wheat has been investigated. It was established that the contamination of the exhaust gases of vehicles results in a reduction in the content of chlorophyll a (up to 40%), chlorophyll b (up to 60%) and carotenoids (up to 70%) in crops grown in the immediate vicinity of the highway, as compared to a section of the field located at a considerable distance from the road. The sensitivity of the photosynthetic apparatus of the studied crops to pollution is highest in sunflower and oats. Soybeans have the lowest sensitivity. The maximum decrease in the ratio of chlorophylls a and b was recorded for oats, which indicates its low stress resistance. The best defense mechanism in relation to the effects of exhaust gas pollutants is observed in soybeans. The use of biodiesel fuel is proposed as a way to reduce the stress impact of exhaust gases on agricultural crops. An improvement in the environmental performance of the MTZ-80 tractor engine has been registered when it is running on a fuel mixture containing 60% (vol.) of commercial petroleum diesel fuel and 40% of biodiesel fuel. The smoke content of the exhaust gases is 10-21% lower, the content of carbon monoxide (II) in them is reduced by 12-24%, and the content of unburned hydrocarbons by 12-32%, compared to oil fuel, when using fuel compositions.

Keywords: biodiesel fuel, photosynthetic pigments, plant stress resistance.

Введение. Растениеводство является одной из важных сельскохозяйственных отраслей. Продукты растениеводства являются основой нашего питания, для человечества это важнейший и незаменимый источник продовольствия. Перед этой отраслью сельского хозяйства в настоящее время стоит ряд важнейших задач. Прежде всего, продукция растениеводства должна быть качественной и экологически чистой. От работников отрасли ждут максимального выхода продукции при минимальном количестве затрат. Базой высокой урожайности сельскохозяйственных культур является интенсивный процесс фотосинтеза. Ведь именно благодаря этому процессу неорганические соединения и энергия солнечных лучей преобразуются в питательные органические соединения (белки, жиры, углеводы). В настоящее время работники отрасли создают новые энерго- и ресурсосберегающие технологии интенсивного растениеводства, совершенствуют сельскохозяйственную технику и повышают интенсивность её эксплуатации, проводят мероприятия по предотвращению потерь при выращивании полевых культур. Одним из направлений этой работы является устранение стрессовых факторов, ухудшающих состояние растений и снижающих урожайность.

Стресс можно определить как общую неспецифическую адаптационную реакцию растения при воздействии на него различных неблагоприятных факторов. Результатом действия стрессовых факторов является замедление метаболических процессов, протекающих в организме растения [1].

При этом энергия растительного организма тратится на противодействие стрессу, что наносит ущерб формированию урожая.

Стрессовые факторы могут быть физическими, биологическими и химическими. Химические факторы чрезвычайно разнообразны. К ним можно отнести засоление почв, разливы нефтепродуктов, применение пестицидов и гербицидов, попадание в почву солей и оксидов тяжёлых металлов и т.д. Их действие на организм растений довольно хорошо изучено [1-3].

Ещё одним важным стрессовым фактором являются различные газообразные загрязнители [1,4]. Газообразные вещества проникают в ткани растений довольно легко, основной путь – газообмен через устьица. Токсичные газы растворяются в воде, входящей в состав клеточных оболочек, и далее могут вступать в различные химические взаимодействия, меняя pH среды, что влечёт за собой изменение активности белковых молекул вообще и ферментов в частности. Так, например, меняется активность транспортных белков, что меняет проницаемость клеточных мембран. Газообразные вещества разрушают различные вещества цитоплазмы, например, хлорофилл. Этот стрессовый фактор приводит к разрушению фотосинтетических пигментов и снижению интенсивности фотосинтеза, а значит, и урожайности сельскохозяйственных культур.

Поэтому содержание основных фотосинтетических пигментов (хлорофиллов и каротиноидов) может быть использовано как маркер реакции растений на стрессовый фактор [5-9].

Опубликовано довольно много данных о влиянии на состояние растений газообразных выбросов различных промышленных предприятий, ТЭЦ, различных видов транспорта и т.д. Чаще всего опубликованные данные характеризуют степень загазованности воздуха и уровень стресса растений, произрастающих в городах и промышленных зонах. Однако практически отсутствуют данные о фактическом влиянии компонентов отработавших газов на сельскохозяйственные культуры. А ведь автотранспорт можно отнести к одному из главных нестационарных источников загрязнения окружающей среды.

Цель работы – определение влияния отработавших газов автотранспорта на уровень химического стресса сельскохозяйственных культур, выращиваемых в Тамбовской области и поиск путей снижения этого стресса.

Экспериментальная часть. Сбор материала для исследования (листья) проводился в течение вегетационного периода (июнь 2021 г) в Тамбовской области. Точки отбора расположены на основных автомагистралях областного центра в придорожных зонах (до 5 м от дорожного полотна) и в глубине поля (на удалении 300 м от автотрассы).

В качестве объектов исследования использовались подсолнечник однолетний (*Helianthus*), соя (*Fabaceae*), овес (*Avena*), горох (*Fabaceae*), пшеница (*Gramineae*).

Концентрацию фотосинтетических пигментов (хлорофилл а и b, каротиноиды) определяли спектрофотометрически [4], растворитель для получения вытяжки из растений – ацетон (квалификация ч.д.а.). Величину поглощения ацетоновых вытяжек данных пигментов определяли на спектрофотометре «СФ-2000».

Для синтеза биодизельного топлива по реакции переэтерификации использовали методы тонкого органического синтеза в условиях гомогенного щелочного катализа. Сырьём для синтеза образцов биодизельного топлива было масло крамбе и масличной редьки. Для измерения экологических характеристик были приготовлены топливные композиции ТК1 и ТК2, в состав которых входило 60% (об.) товарного нефтяного дизельного топлива и 40% (об.) биодизельного топлива, синтезированного из масла крамбе (ТК1) и масла редьки (ТК2). Физико-химические характеристики топливных композиций определяли с помощью методов, закреплённых в ГОСТ Р 52368-2005 «Топливо дизельное ЕВРО. Технические условия».

Измерение дымности отработанных газов и доли оксида углерода и несгоревших углеводородов в них производили с помощью приборов «Инфракар Д» и «Инфракар М» соответственно.

Результаты и их обсуждение. Химические стрессовые факторы, в том числе загрязнители отработавших газов приводят к снижению скорости накопления фотосинтетических пигментов, влияют на соотношение спектральных форм хлорофилла.

Для определения степени воздействия отработавших газов автотранспорта на состояние сельскохозяйственных растений нами были выбраны культуры, наиболее распространённые в Тамбовской области: подсолнечник, соя, овес, горох, пшеница. Листья растений, в которых,

преимущественно, и протекают процессы фотосинтеза, отбирали летом, в период вегетации на площадках, находящихся на разных расстояниях от автомобильных дорог.

Для отбора проб растительного сырья выбрано 6 точек отбора в Тамбовской области (таблица 1).

Таблица 1 – Объекты исследования и точки отбора материала растительного материала

1	Подсолнечник	дорога Тамбов-Котовск
2	Соя	дорога Тамбов-Котовск
3	Овес	дорога Тамбов-Котовск
4	Подсолнечник	дорога «Тамбов-Пенза» Северный обход
5	Горох	дорога «Тамбов-Пенза» Северный обход
6	Пшеница	дорога «Тамбов-Пенза» Северный обход

На рисунках 1-3 представлены результаты фотометрического определения содержания хлорофиллов а и b, а также каротиноидов в исследуемых сельскохозяйственных растениях. Для каждой точки отбора материала левый столбец – содержание пигмента в растениях, произрастающих вдоль автотрассы, правый столбец – содержание пигмента в растениях, находящихся в глубине поля и удалённых от действия стрессового фактора.

Рисунок 1 – Концентрация хлорофилла а в листьях сельскохозяйственных культур.

Рисунок 2 – Концентрация хлорофилла b в листьях сельскохозяйственных культур.

Рисунок 3 – Концентрация каротиноидов в листьях сельскохозяйственных культур.

Во всех пробах из исследуемых участков, собранных вдоль автомагистрали, содержание хлорофиллов а, b и каротиноидов оказалось ниже по сравнению с материалом, отобранным в глубине поля, где влияние отработавших газов практически не сказывается. Можно сделать вывод, что растения, растущие рядом с автомобильной дорогой, находятся в состоянии стресса, вызванного химическим фактором – токсичными веществами отработавших газов. Действие стрессового фактора приводит к уменьшению содержания фотосинтетических ферментов и, как следствие, к подавлению процесса фотосинтеза, накопления питательных веществ, снижению урожайности.

Содержание хлорофилла b в клетках высших растений, как правило, уменьшается в ответ на действие стрессовых факторов. Величина снижения содержания пигментов зависит как от точки отбора материала, так и от вида растения. Так, наибольшее снижение содержания пигментов (на 63%) было обнаружено для подсолнечника (точка 4). Почти такой же высокой чувствительностью обладает овёс (точка 3, снижение на 40%). Наименее чувствительными к действию компонентов отработавших газов оказались соя и горох (снижение концентрации пигментов на 11 и 9%, соответственно).

Маркерами техногенного воздействия на загрязнение окружающей среды являются отношения « $C_a : C_b$ » и « $(C_{a+b}) : C_k$ » [5], где C_a , C_b , C_{a+b} – концентрация хлорофилла а, b и их сумма соответственно, мг/л; C_k – общая концентрация каротиноидов, мг/л.

Если растение испытывает химический стресс, отношение концентраций хлорофилла а и b закономерно уменьшается (ведь накопление хлорофилла b является ответом на стресс). Отношение концентрации хлорофиллов к концентрации каротиноидов при стрессе увеличивается. В таблице 2 представлены значения указанных биомаркеров.

Таблица 2 – Соотношение концентраций хлорофилла а и b и концентрации хлорофиллов и каротиноидов в листьях исследуемых растений

Точки отбора проб	$C_a : C_b$	$(C_{a+b}) : C_k$
1	1,27	4,84
	1,22	5,3
2	1,29	5,07
	1,26	5,54
3	1,23	5,80
	0,99	7,16
4	1,16	4,01
	1,15	5,04
5	1,13	7,87
	1,04	9,85
6	1,13	6,84
	1,11	10,48

Снижение соотношения содержания «хлорофилл а : хлорофилл b» считается показателем стресса растения [8-10]. Соотношение $C_a : C_b$ снижалось во всех точках эксперимента. Причем максимальное уменьшение значения (до 20%) наблюдалось для точки 3. Это указывает на то, что овес наименее стрессоустойчив, более других исследованных культур подвержен воздействию автомобильных поллютантов.

Проведённое исследование наглядно показывает, что компоненты отработавших газов автомобильного транспорта являются химическим стрессовым фактором для сельскохозяйственных растений. Следовательно, снижение токсичности отработавших газов будет способствовать производству не только экологически более чистой продукции растениеводства, но и будет способствовать повышению урожайности.

В качестве способа, позволяющего снизить концентрации вредных веществ в отработавших газах, нами предлагается использование биодизельного топлива. Под биодизельным топливом подразумеваются метиловые эфиры жирных кислот, синтезируемые из разнообразного растительного сырья. Известны данные, полученные путём стендовых испытаний, о том, что при работе дизельного двигателя на биодизельном топливе в отработавших газах заметно снижается содержание полициклических ароматических и несгоревших углеводородов, оксида углерода (II), сажи [11-13]. В рамках выполнения данного исследования были проведены эксплуатационные испытания на тракторе МТЗ-80.

Были синтезированы два образца биодизельного топлива. Синтез проводился по реакции перэтерификации с метиловым спиртом в присутствии гомогенного щелочного катализатора. Сырьём для синтеза являлись масла крамбе и масличной редьки. Надо отметить, что для синтеза биодизельного топлива не использовалось пищевое растительное масло. Масличная редька выращивалась как сидерат, способствующий восстановлению плодородности почвы (как зелёное удобрение и средство борьбы с сорняками). Для приближения к реальным условиям сельскохозяйственных производств масло из редьки масличной было отжато перед процессом синтеза на малогабаритном маслопрессе для фермерских хозяйств, производства ООО «НИЦ ТЕАС-МО», а масло крамбе хранилось несколько лет и было определено как «некондиционное» из-за повышенного кислотного числа (24,3 мг КОН/г).

Полученное биодизельное топливо смешивали с товарным нефтяным дизельным топливом. Были получены две топливные композиции. В топливной композиции ТК1 содержалось 60% (об.) товарного нефтяного дизельного топлива и 40% (об.) биодизельного топлива, полученного из масла крамбе. В топливной композиции ТК2 содержалось 60% (об.) товарного нефтяного дизельного топлива и 40% (об.) биодизельного топлива, синтезированного из масла редьки масличной. Физико-химические характеристики полученных топливных композиций приведены в таблице 3. Все характеристики соответствуют требованиям ГОСТ, следовательно, топливные композиции можно использовать для работы дизельного двигателя трактора МТЗ-80.

Таблица 3 – Физико-химические характеристики топливных композиций

Параметры	ТК1	ТК2
Плотность, кг/м ³ , при 15 °С	898	887
Вязкость, 40 °С, мм ² /с	4,2	4,1
Температура застывания, °С	-11	-11
Температура вспышки, °С	152	149
Содержание серы, мг/кг	173	167
Содержание воды, мг/кг	105	97
Содержание мехпримесей, мг/кг	отс	отс
Кислотность, мгКОН/100 см ³	1,3	1,3
Содержание моноацилглицеринов, %	0,500	0,500
Содержание диацилглицеринов, %	0,100	0,105
Содержание триацилглицеринов, %	0,002	0,002
Йодное число, г I ₂ /100г	111	110
Зольность, %	0,01	0,01

Полевые испытания проходили на тракторе МТЗ-80, в качестве исследуемого топлива применялись товарное нефтяное дизельное топливо и топливные композиции, с биотопливным компонентом на основе масла крамбе (ТК1) и на основе масла масличной редьки (ТК2).

Осуществляли измерения дымности и токсичности отработавших газов (таблица 4).

Таблица 4 – Экологические показатели работы трактора МТЗ-80 на разных типах топлив

Виды топлива	Дымность		Содержание СО, %	Содержание несгоревших углеводов, ppm
	N, %	K, м ⁻¹		
ДТ	63	2,3	0,42	25
ТК1	57	1,95	0,37	22
ТК2	54	1,8	0,32	17

Если сравнивать с экологическими характеристиками товарного нефтяного дизельного топлива, видно, что содержание оксида углерода (II) в отработавших газах двигателя, работавшего на топливной композиции ТК1 ниже на 12%, а работавшего на топливной композиции ТК2 – на 24%. Аналогичное снижение содержания несгоревших углеводов в отработавших газах составляет 12 и 32%. Дымность отработавших газов двигателя МТЗ-80, работающего на топливных композициях, включающих 40% биодизельного топлива, также ниже, чем при работе на товарном нефтяном топливе на 15-21% по основному показателю – коэффициенту поглощения света K и на 10-14% по вспомогательному показателю – коэффициенту ослабления света N . Биодизельное топливо, синтезированное из масла редьки масличной, показало лучшие результаты с экологической точки зрения.

Выводы. Исследовано влияние поллютантов отработавших газов автомобильных двигателей на пять видов широко распространённых сельскохозяйственных растений: подсолнечник, соя, овес, горох, пшеница. Установлено, что загрязнение от отработавших газов автомобилей приводит к снижению содержания хлорофилла а (до 40%), хлорофилла b (до 60%) и каротиноидов (до 70%) в сельскохозяйственных растениях, произрастающих в непосредственной близости от автомагистрали по сравнению с участком поля, расположенном на значительном удалении от дороги.

Чувствительность фотосинтетического аппарата изученных сельскохозяйственных культур по отношению к загрязнению компонентами отработавших газов не одинакова. Их можно расположить в следующий ряд по убыванию чувствительности: подсолнечник > овёс > пшеница > горох > соя. Максимальное снижение соотношения хлорофиллов а и b было зарегистрировано для овса (20%), что говорит о его низкой стрессоустойчивости. Подсолнечник, соя и пшеница более устойчивы к химическому стрессу, соотношение хлорофиллов у них меняется в меньших пределах (1-4%). Наилучший защитный механизм по отношению к воздействию поллютантов отработавших газов наблюдается у сои.

Одним из способов, позволяющих смягчить стрессовое воздействие токсичных компонентов отработавших газов на сельскохозяйственные культуры, может стать более широкое применение биодизельного топлива, прежде всего, для работы сельскохозяйственной техники.

Зафиксировано улучшение экологических показателей работы двигателя трактора МТЗ-80 при его работе на топливной смеси, содержащей 60% (об.) товарного нефтяного дизельного топлива и 40% биодизельного топлива. Дымность отработавших газов при использовании топливных композиций на 10-21% ниже, чем отработавших газов двигателя, работающего на нефтяном топливе. Содержание оксида углерода (II) также снижается при переходе к топливным композициям на 12-24%, а содержание несгоревших углеводов в отработавших газах уменьшается на 12-32% по сравнению с нефтяным топливом. Наилучшие экологические характеристики наблюдаются у топливной композиции на основе масличной редьки.

Список литературы

1. Устойчивость растений к химическому загрязнению: учебное пособие / сост. Р.В. Кайгородов. Пермь: Перм. гос. ун-т. – 2010. – 151 с.
2. Новикова Н.Е., Зотиков В.И. Физиологические основы устойчивости сельскохозяйственных растений: учебное пособие. Орел: Каргуш. – 2015. – 176 с.

3. Чупахина Г.Н., Масленников П.В., Скрыпник Л.Н. Реакция пигментной и антиоксидантной систем растений на загрязнение окружающей среды г. Калининграда выбросами автотранспорта // Вестник Томского государственного университета. Биология, 2012. – № 2 (18). – С. 171-185.
4. Федулов Ю.П., Котляров В.В., Доценко К.А. Устойчивость растений к неблагоприятным факторам среды: учеб. Пособие. Краснодар: КубГАУ. – 2015. – 64 с.
5. Шлык А.А. Определение хлорофиллов и каротиноидов в экстрактах зеленых листьев // Биохимические методы в физиологии растений. М.: Наука. – 1971. – С. 154-171.
6. Кириенко Н.Н., Терлеева П.С. Влияние техногенного загрязнения территории на содержание пигментов в листьях лекарственных растений [Электронный ресурс] – URL: www.kgau.ru/img/konferenc/2009/22.doc.
7. Шубина А. Г. Содержание хлорофилла и каротиноидов в листьях одуванчика лекарственного (*Taraxacum officinale*) и березы повислой (*Betula pendula* Roth.), растущих в г. Тамбове // Вестник ТГУ, 2011. – Вып. 1. – С. 353-355.
8. Петухов А.С., Христов Н.А., Петухова Г.А. Оценка содержания пигментов фотосинтеза у растений разных видов в условиях антропогенного стресса // Международный студенческий научный вестник, 2017. – № 6. – С. 166-173.
9. Sinyutina S.Ye., Shubina A.G. The use of indicators of plant photosynthetic and enzymatic activity in bioindication studies // Journal of agriculture and environment, 2020. – № 4 (16). – С. 29-34.
10. Кушнарева О.П., Перекрестова Е.Н. Влияние различных концентраций солей меди и свинца на содержание хлорофилла и содержание углерода в листьях растений // Вестник Оренбургского государственного университета, 2015. – №10. – С. 294-297.
11. Нагорнов С.А., Романцова С.В. Эфирная композиция для улучшения свойств дизельного топлива // Наука в центральной России, 2013. – № 2. – С. 35-43.
12. Нагорнов С.А., Романцова С.В., Марков В.А. Использование эфирных смесей в качестве альтернативных моторных топлив для дизелей. Часть 2 // Грузовик, 2018. – № 4. – С. 41-46.
13. Нагорнов С.А., Романцова С.В., Марков В.А., Са Бовэнь, Бебенин Е.В. Улучшение эксплуатационных свойств дизельных топлив для сельскохозяйственных машин // Аграрный научный журнал, 2020. – № 12. – С. 90-92.

References

1. Ustoychivost' rasteniy k khimicheskomu zagryazneniyu: uchebnoye posobiye / sost. R.V. Kaygorodov. Perm': Perm. gos. un-t. – 2010. – 151 s.
2. Novikova N.Ye., Zotikov V.I. Fiziologicheskiye osnovy ustoychivosti sel'skokhozyaystvennykh rasteniy: uchebnoye posobiye. Orel: Kartush. – 2015. – 176 s.
3. Chupakhina G.N., Maslennikov P.V., Skrypnik L.N. Reaktsiya pigmentnoy i antioksidantnoy sistem rasteniy na zagryazneniye okruzhayushchey sredy g. Kaliningrada vybrosami avtotransporta // Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya, 2012. – № 2 (18). – С. 171-185.
4. Fedulov YU.P., Kotlyarov V.V., Dotsenko K.A. Ustoychivost' rasteniy k neblagopriyatnym faktoram sredy : ucheb. Posobiye. Krasnodar: KubGAU. – 2015. – 64 s.
5. Shlyk A.A. Opredeleniye khlorofillov i karotinoidov v ekstraktakh zelenykh list'yev // Biokhimicheskiye metody v fiziologii rasteniy. M.: Nauka. – 1971. – С. 154-171.
6. Kiriyenko N.N., Terleyeva P.S. Vliyaniye tekhnogennoy zagryazneniya territorii na soderzhaniye pigmentov v list'yakh lekarstvennykh rasteniy [Elektronnyy resurs] – URL: www.kgau.ru/img/konferenc/2009/22.doc.
7. Shubina A. G. Soderzhaniye khlorofilla i karotinoidov v list'yakh oduvanchika lekarstvennogo (*Taraxacum officinale*) i berezy povisloy (*Betula pendula* Roth.), rastushchikh v g. Tambove // Vestnik TGU, 2011. – Vyp. 1. – С. 353-355.
8. Petukhov A.S., Khritokhin N.A., Petukhova G.A. Otsenka soderzhaniya pigmentov fotosinteza u rasteniy raznykh vidov v usloviyakh antropogennoy stressa // Mezhdunarodnyy studencheskiy nauchnyy vestnik, 2017. – № 6. – С. 166-173.
9. Sinyutina S.Ye., Shubina A.G. The use of indicators of plant photosynthetic and enzymatic activity in bioindication studies // Journal of agriculture and environment, 2020. – № 4 (16). – С. 29-34.

10. Kushnareva O.P., Perekrestova Ye.N. Vliyaniye razlichnykh kontsentratsiy soley medi i svintsa na sodержaniye khlorofilla i sodержaniye ugleroda v list'yakh rasteniy // Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta, 2015. – №10. – S. 294-297.

11. Nagornov S.A., Romantsova S.V. Efirnaya kompozitsiya dlya uluchsheniya svoystv dizel'nogo topliva // Nauka v tsentral'noy Rossii, 2013. – № 2. – S. 35-43.

12. Nagornov S.A., Romantsova S.V., Markov V.A. Ispol'zovaniye efirnykh smesey v kachestve al'ternativnykh motornykh topliv dlya dizeley. Chast' 2 // Gruzovik, 2018. – № 4. – S. 41-46.

13. Nagornov S.A., Romantsova S.V., Markov V.A., Sa Boven', Bebenin Ye.V. Uluchsheniye ekspluatatsionnykh svoystv dizel'nykh topliv dlya sel'skokhozyaystvennykh mashin // Agrarnyy nauchnyy zhurnal, 2020. – № 12. – S. 90-92.

Сведения об авторах

Принадлежность к организации

Романцова Светлана Валерьевна – кандидат химических наук, доцент Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тамбовский государственный университет им Г.Р. Державина», Россия, г. Тамбов, e-mail: svromantsova@yandex.ru.

Гладышева Ирина Владимировна – кандидат химических наук, доцент Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тамбовский государственный университет им Г.Р. Державина», Россия, г. Тамбов, e-mail: gladysheva_irina78@mail.ru

Вервекина Наталья Владимировна – кандидат химических наук, доцент Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тамбовский государственный университет им Г.Р. Державина», Россия, г. Тамбов, e-mail: vervekinanv@mail.ru

Нагорнов Станислав Александрович – доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», Россия, г. Тамбов, e-mail: snagornov@yandex.ru.

Ликсутина Анна Павловна – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научноисследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», Россия, г. Тамбов, e-mail: vniitinlab7@yandex.ru

Корнев Алексей Юрьевич – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научноисследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», Россия, г. Тамбов, e-mail: viitinlab7@yandex.ru.

Author credentials

Affiliations

Romantsova Svetlana – Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Tambov State University named after G.R. Derzhavin», Russia, Tambov, e-mail: svromantsova@yandex.ru.

Gladysheva Irina – Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Tambov State University named after G.R. Derzhavin», Russia, Tambov, e-mail: gladysheva_irina78@mail.ru.

Vervekina Natalia – Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Tambov State University named after G.R. Derzhavin», Russia, Tambov, e-mail: vervekinanv@mail.ru

Nagornov Stanislav – Full Doctor of Technical sciences, Professor, Chief Researcher of Federal State Budgetary Scientific Institution “All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture”, Russia, Tambov, e-mail: snagornov@yandex.ru.

Lixutina Anna – Candidate of Technical Sciences, Deputy Director for Science of Federal State Budgetary Scientific Institution “All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture”, Russia, Tambov, e-mail: viitinlab7@yandex.ru.

Kornev Aleksey – Candidate of Technical Sciences, Deputy Director for Science of Federal State Budgetary Scientific Institution “All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture”, Russia, Tambov, e-mail: viitinlab7@yandex.ru.

Поступила в редакцию (Received): 07.07.2021 Принята к публикации (Accepted): 05.008.2021

УДК 637.115

DOI: 10.35887/2305-2538-2021-4-73-80

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА МОЛОКА DELAVAL, ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ И ОБОРУДОВАНИЕ

^{1,2}Никифоров Владислав Евгеньевич

¹Теребова Светлана Викторовна

¹Симонов Геннадий Александрович

³Филиппова Ольга Борисовна

¹ФГБУН «Вологодский научный центр Российской академии наук

²ФГБОУ ВО «Вологодский государственный университет»

³ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве»

Реферат. Анализ современных технологий доения показывает отсутствие единого подхода в оценке доильных установок различных типов. Цель исследований заключалась в оценке эффективности роботизированного доения высокопродуктивных коров. Производственные исследования эффективности автоматического доильного оборудования проведены в Вологодской области на ферме АО «Племзавод Родина». Лактирующие коровы черно-пестрой породы в период опыта получали нормированные и сбалансированные рационы по существующим нормам. Молочную продуктивность оценивали по среднесуточному удою ежемесячно. Показатели качества молока (массовые доли жира, белка, лактозы, содержание соматических клеток) определяли с помощью анализатора «Комби-Фосс» (Дания). Проводили сравнительный анализ технико-экономических показателей с учетом загрузки работы установки «Европараллель» в доильном зале при участии оператора с автоматическим снятием подвесных аппаратов и доильных роботов DeLaval. Затраты энергии на работу оборудования автоматизированных технологий доения относительно стоимости молока при закупке незначительны и составляют 1,8 и 3,2 %, соответственно. Отмечены преимущества у роботизированной технологии, заключающиеся в автоматическом управлении режимами доения коров в зависимости от морфологических особенностей долей вымени животного с одновременным учетом качества получаемого молока. Установлено, что ее применение способствует уменьшению затрат труда – сокращается число обслуживающего персонала в 2 раза. Молочная продуктивность коров увеличивается на 4,7 %, улучшаются качественные характеристики молока.

Ключевые слова: роботизированная технология доения, система доения, коровы, молоко, качество, эффективность.

DELAVAL AUTOMATED MILK PRODUCTION TECHNOLOGIES, ENERGY EFFICIENCY AND EQUIPMENT

^{1,2}Nikivorov Vladislav,

¹Terebova Svetlana,

¹Simonov Gennady,

³Filippova Olga,

¹FSBIS «Vologda Research Center of the Russian Academy of Sciences», Russian Federation

²FSBEI HE «Vologda State University»