

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ АГРОЦЕНОЗОВ НЕТРАДИЦИОННЫХ МАСЛИЧНЫХ КУЛЬТУР

© 2018 Т.Я. Прахова¹, В.А. Прахов¹, Е.Л. Турина²

¹ ФГБНУ «Пензенский НИИСХ»

² ФГБУН «НИИСХ Крыма», г. Симферополь

Статья поступила в редакцию 06.07.2018

В настоящее время большое значение имеет интродукция нетрадиционных масличных культур семейства Brassicaceae: рыжик озимый (*Camelina silvestris* sp. *pilosa* Z.) и крамбе абиссинская (*Crambe abyssinica* Hochst.), которые обеспечивают высокую продуктивность в разнообразных агроклиматических условиях. Целью наших исследований являлось, изучение урожайных свойств крамбе и рыжика в контрастных условиях степного Крыма и Среднего Поволжья. Крамбе абиссинская и рыжик озимый являются скороспелыми культурами с коротким вегетационным периодом. Вегетационный период крамбе в наших исследованиях составлял 84–98 дней. При этом в условиях умеренного климата Крыма продолжительность периода вегетации крамбе составила 84 дня, который на 14 дней меньше чем в условиях Средневолжского региона. Период от всходов до спелости озимого рыжика в условиях более низкой температуры воздуха Среднего Поволжья составляет 302 дня, при 251 дне в условиях Крыма. Рыжик и крамбе являются стабильными и пластичными культурами ($bi = 0,92-0,99$; $\sigma dr^2 = 0,07-0,08$) и ($bi = 0,96-0,98$; $\sigma dr^2 = 0,07-0,09$), которые способны формировать высокий и качественный урожай в различных условиях региона возделывания. Урожайность их в контрастных условиях варьировала в среднем от 1,68 до 1,73 т/га у рыжика и от 2,16 до 2,36 т/га – у крамбе. Масличность рыжика в Крыму достигала 42,7 %, тогда как в условиях Пензенского НИИСХ содержание жира в семенах снижалось на 2,6 %. Содержание масла в семенах крамбе высокого значения достигало в условиях Пензы – 38,2 %, что превышало данный показатель в Крыму на 2,8 %. Содержание линолевой, линоленовой и эйкозеновой кислот было наибольшим в условиях Пензенского региона, что превышало их содержание в условиях Крыма на 1,2; 1,8 и 0,4–0,9 %. Содержание олеиновой кислоты было наибольшим в условиях Крыма и составило 15,4 и 17,3 %. Эруковая кислота при увеличении температурного режима уменьшалась: у рыжика от 2,9 до 2,8 % и у крамбе от 58,9 % до 58,1 %. Рыжик и крамбе относятся к перспективным культурам для возделывания в данных регионах.

Ключевые слова: масличные культуры, рыжик озимый, крамбе абиссинская, регионы возделывания, урожайность, масличность, жирнокислотный состав.

ВВЕДЕНИЕ

Природно-климатические условия Российской Федерации позволяют выращивать практически весь спектр культур масличной группы, наиболее распространенными из которых являются подсолнечник, соя, рапс и лен масличный [1].

Однако, в настоящее время все большую популярность завоевывает интродукция нетрадиционных, так называемых нишевых масличных культур семейства Brassicaceae: рыжик озимый (*Camelina silvestris* sp. *pilosa* Z.) и крамбе абиссинская (*Crambe abyssinica* Hochst.), которые способны обеспечивать высокую продуктив-

ность в разнообразных агроклиматических условиях [2,3,4].

Интерес к ним обусловлен в первую очередь их большим хозяйственным значением и возможностью многопланового использования семян и масла. Благодаря жирнокислотному составу масло сортов данных культур используется как на технические, так и на пищевые цели [5,6].

Высокое содержание длинноцепочечной эруковой кислоты (до 60,0%) в масле крамбе и высокое содержание гондоиновой кислоты в рыжике, которые обладают высокой теплотой сгорания, способствует использованию маслосемян данных культур для получения биодизельного топлива [7,8].

Кроме этого, рыжиковое масло является источником полиненасыщенных жирных кислот, в том числе линоленовой ($\omega-3$) 36–41 % и линолевой ($\omega-6$) 16–20 %, характеризуется относительно низким содержанием эруковой кислоты (2,8–3,5 %), что позволяет использовать его на пищевые цели [5].

Прахова Татьяна Яковлевна, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела масличных культур. E-mail: prakhova.tanya@yandex.ru

Прахов Владимир Александрович, старший научный сотрудник отдела масличных культур.

E-mail: prakhova.tanya@yandex.ru

Турина Елена Леонидовна, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории растениеводства. E-mail: turina_e@niishk.ru

Крамбе формирует большую надземную массу (до 2,6 т/га) и может использоваться как сидеральная культура наряду с рапсом яровым, горчицей белой и редькой масличной. Однако, в отличие от последних крамбе значительно меньше поражается вредителями, особенно крестоцветными блошками, что является агрономически важным свойством [9].

По своим биологическим свойствам рыжик и крамбе являются наиболее ярким примером проявления пластичности в приспособлении к существованию в различных почвенно-климатических условиях. Они отличаются холодостойкостью и засухоустойчивостью, коротким вегетационным периодом, что позволяет возделывать их в различных агроэкологических регионах [10].

Уже на сегодняшний день эти культуры перешли из разряда «экспериментальных» в категорию «интересных» сельхозпроизводителям как по экономическим, так и по агрономическим показателям, в качестве альтернативы традиционным масличным культурам.

Однако, несмотря на все преимущества культуры, для успешной ее интродукции, ее сорта должны формировать стабильный урожай в различные годы и в различных климатических регионах возделывания. И, наоборот, в повышении урожайности и качества семян основную роль играет приспособленность культуры к условиям возделывания, его устойчивость к абиотическим и биотическим стрессорам [11].

В связи с этим, целью наших исследований являлось, возможность интродукции крамбе абиссинской и рыжика озимого и оценки их урожайных свойств в контрастных условиях степного Крыма и Среднего Поволжья.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследований являлись рыжик озимый сорт Пензяк и крамбе абиссинская сорт Полет (селекция Пензенского НИИСХ).

Исследования проводились на контрастных фонах двух различных агроэкологических регионов возделывания: НИИСХ Крыма и Пензенский НИИСХ.

Климат лесостепной зоны Среднего Поволжья, куда относится Пензенский НИИСХ, умеренно-континентальный, со сравнительно теплым летом и умеренно-холодной зимой. Сумма температур за период с температурой +10 °С составляет в среднем 2450°С. Сумма годовых осадков сильно варьирует от 350 до 750 мм. Среднегодовая температура составляет 5,3 °С. Гидротермический коэффициент варьирует от 0,9 до 1,1 единицы.

Почвы опытного участка представлены среднemosными, выщелоченными чернозема-

ми с содержанием гумуса от 6,0-7,0%, pH = 6,6.

Климат опытного участка НИИСХ Крыма (с. Клепинино) – степной, умеренно холодный, полусухой, континентальный, с умеренно мягкой зимой и жарким засушливым летом и с большими годовыми и суточными колебаниями температуры. Среднегодовая температура здесь составляет 15,1°С при 350-450 мм осадков в год. Среднегодовое количество осадков составляет всего 0,6, что позволяет отнести эту зону к недостаточно-увлажненной.

Почвы представлены южными слабогумусированными черноземами на желто-бурых лессовидных легких глинах. Количество гумуса составляет 2,29%. Реакция почвы колеблется от нейтральной до слабощелочной (pH=7,1-7,9).

Закладка опытов, все наблюдения и учеты осуществляли согласно методическим рекомендациям по масличным культурам [12].

Статистическая обработка данных продуктивности и оценка изменчивости (коэффициент вариации) показателей урожайности определяли по методике Б.А. Доспехова [13].

Параметры экологической пластичности (коэффициент регрессии, b_i) и стабильности как одной из сторон приспособительной реакции озимого рыжика и крамбе на контрастных фонах различных регионов возделывания оценивали по методике А.В. Кильчевскому и Л.В. Хотылевой [14].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Вегетационный период является одним из основных биологических признаков растений в формировании агроценоза и имеет решающее значение для получения высокого урожая. Это средство приспособления растений к условиям обитания, которое определяется как генетическими особенностями культуры, так и совокупностью условий окружающей среды [15].

Продолжительность вегетационного периода складывается из нескольких межфазных периодов развития растений: «посев-всходы»; «всходы-цветение» и «цветение-созревание» темпы, протекания которых определяются генотипом самой культуры и условиями среды.

Крамбе абиссинская и рыжик озимый являются скороспелыми культурами с коротким вегетационным периодом. Характерной биологической особенностью крамбе и рыжика является различное время вступления их в ту или иную фенологическую фазу развития.

В среднем за годы исследований, первые два периода развития крамбе, «посев-всходы» и «всходы-цветение» существенного различия по продолжительности, в зависимости от региона возделывания не имели. Разница в наступлении данных фенофаз составила 2-3 дня (табл. 1).

Таблица 1. Продолжительность межфазных периодов развития масличных культур (среднее 2015-2017 гг.)

Регион возделывания	Межфазные периоды, дни			
	посев-всходы	всходы- цветение	цветение- спелость	вегетационный период
Крамбе абиссинская Полет				
Пенза	10	46	52	98
Крым	12	43	41	84
Рыжик озимый Пензяк				
Пенза	9	251	51	302
Крым	13	186	65	251

В период развития от всходов до цветения крамбе происходит формирование продуктивной кустистости и прирост вегетативной массы. Для прохождения данной фазы требуются достаточно невысокие температуры воздуха в среднем 600-950,5 °С. Продолжительность фазы «всходы-цветение» в условиях степного Крыма составила 43 дня в среднем за три года. В условиях Пензенского НИИСХ длина данного периода у крамбе составила 46 дней.

Цветение и созревание культуры протекает в условиях более высоких температур, и в зависимости от условий региона возделывания период «цветение-созревание» крамбе заканчивается за 41-52 дня. При этом более короткий период «цветение-спелость» наблюдали при посеве в условиях НИИСХ Крыма (41 день). В условиях Среднего Поволжья, период от цветения до созревания культуры увеличивается на 11 дней и составляет, в среднем за 2015-2017 годы, 52 дня. Это показывает, что основным фактором, влияющим на продолжительность данной фазы, является температурный режим.

В целом вегетационный период крамбе в наших исследованиях составлял 84-98 дней. При этом в условиях умеренного климата степной зоны Крыма продолжительность периода вегетации крамбе составила 84 дня.

При возделывании крамбе в условиях избытка влаги и более низкой температуры воздуха Среднего Поволжья, происходит увеличение продолжительности периода от всходов до созревания и составляет в среднем 98 дней.

В условиях Крыма, в 2015-2017 годах, продолжительность межфазного периода «посев-всходы» рыжика озимого составляет 13 дней. Продолжительность фазы «всходы-цветение» составила 186 дней. Период от цветения до спелости рыжик озимый прошел за 65 дней. В целом, вегетационный период рыжика озимого в условиях Крыма составлял 251 день.

В условиях Пензенского НИИСХ продолжительность фенологической фазы «всходы-цветение» озимого рыжика существенно увеличивалась до 251 дня на фоне данной фазы в условиях Крыма.

Период «цветение-спелость», наоборот сокращался и составил в среднем 51 день. Период от всходов до спелости озимого рыжика здесь составляет 302 дня, что на 51 день длиннее, чем в условиях Крыма.

Для рыжика озимого, очень важно еще одно его биологическое свойство – зимостойкость, которая за годы исследований была высокой и колебалась в Крыму 92,6-98,8 %, в Пензенском регионе – 95,6-99,1 %.

Экологическая устойчивость и биологическая пластичность рыжика и крамбе, их толерантность к температурному режиму, позволяет обеспечить стабильную урожайность как в благоприятных возделывания, так и в стрессовых условиях и в различных местностях.

При сравнении выращенных в различных условиях сортов рыжика и крамбе их урожайные свойства варьируют в зависимости от условий среды обитания.

Обработка данных сортоиспытания рыжика и крамбе в контрастных регионах возделывания выявила несущественные различия по урожайности культур, которая в среднем варьировала от 1,68 до 1,73 т/га у рыжика озимого и 2,16-2,36 т/га – у крамбе. При этом наибольшей урожайности культур была в условиях Пензенского региона (табл. 2).

Изменчивость урожайности была значительной, коэффициент вариации составил 38,7 % для крамбе и 42,7 % для рыжика, за счет колебаний урожайности по годам исследований.

Агроэкологическая оценка показала наибольший адаптивный потенциал масличных культур к стрессовым условиям произрастания, как в условиях Среднего Поволжья, так и в условиях степного Крыма.

Озимый рыжик и крамбе являются стабильными и пластичными культурами ($b_i = 0,92-0,99$; $\sigma_{dr}^2 = 0,07-0,08$) и ($b_i = 0,96-0,98$; $\sigma_{dr}^2 = 0,07-0,09$), которые способны формировать высокий и качественный урожай в различных агроклиматических условиях региона возделывания, что характеризуется в основном сильным взаимодействием генотип-среда.

Масличность семян рыжика озимого существенно различалась в зависимости от условий

Таблица 2. Продуктивность масличных культур (среднее 2015-2017 гг.)

Регион возделывания	Урожайность, т/га	Изменчивость урожайности, (V), %	Экологическая пластичность b_i	Стабильность σd_i^2	Масличность, %
Крамбе абиссинская Полет					
Пенза	2,36	23,8	0,98	0,09	38,2
Крым	2,16	29,6	0,96	0,07	35,4
НСР ₀₅	0,26				1,3
V, %	38,7				
Рыжик озимый Пензяк					
Пенза	1,73	31,2	0,92	0,08	40,1
Крым	1,68	33,4	0,99	0,07	42,7
НСР ₀₅	0,09				1,5
V, %	42,7				

возделывания. В опытах НИИСХ Крыма масличность рыжика достигала 42,7 %, тогда как в условиях Пензенского НИИСХ содержание жира в семенах заметно снижалось на 2,6 %.

Содержание масла в плодиках крамбе высокого значения достигало, наоборот, в условиях Пензы – 38,2 %, что превышало данный показатель в Крыму на 2,8 %.

Основным качественным показателем масла является его жирнокислотный состав. В составе масла рыжика озимого основную часть занимает линоленовая (омега-3) кислота до 36,9-38,7 %, в масле крамбе наибольшую долю в процентном отношении занимает эруковая кислота – до 56,5-58,9 % (табл. 3).

В процессе исследований было установлено, что жирнокислотный состав семян озимого рыжика и крамбе изменялся незначительно, в зависимости от генотипа и среды обитания.

Содержание линолевой, линоленовой и эйкозеновой кислот в рыжике было наибольшим в условиях Пензенской области, что превышало содержание данных кислот в маслосеменах, полученных в условиях Крыма на 1,2; 1,8 и 0,4 %, соответственно.

У крамбе превышение содержания линоленовой кислоты в маслосеменах, полученных в Пензенском регионе составило 0,9 %.

Содержание линолевой и эйкозеновой кислот практически не изменялось в зависимости от региона, и составило 7,8-7,9 и 4,8-4,9 %.

Содержание олеиновой кислоты было наибольшим в условиях Крыма и у рыжика и у крамбе и составило 15,4 и 17,3 %, при процентном содержании 14,7 и 16,9 в условиях Пензы.

Небольшим изменениям подвергалась эруковая кислота, которая с увеличением температурного режима уменьшалась: в масле рыжика от 2,9 (Пенза) до 2,8 % (Крым); в масле крамбе от 58,9 % до 58,1 %.

Содержание насыщенных жирных кислот (пальмитиновая и стеариновая) и их соотношение в семенах озимого рыжика и крамбе в основном обусловлены генотипом, и условия выращивания не оказывали влияния на изменение их концентраций.

Закключение. Таким образом, крамбе абиссинская и озимый рыжик являются скороспелыми культурами с коротким вегетационным периодом 84-98 и 251-302 дней, соответственно,

Таблица 3. Жирнокислотный состав маслосемян (среднее 2015-2017 гг.)

Жирная кислота	Озимый рыжик Пензяк		Крамбе абиссинская Полет	
	Пенза	Крым	Пенза	Крым
	Содержание, %			
Пальмитиновая	4,5	4,5	1,9	1,8
Стеариновая	2,1	2,2	0,8	0,8
Олеиновая	14,7	15,4	16,9	17,3
Линолевая	17,6	16,4	7,8	7,9
Линоленовая	38,7	36,9	6,2	5,3
Арахидиновая	1,5	1,4	0,9	0,9
Эйкозеновая	16,3	15,9	4,8	4,9
Эруковая	2,9	2,8	58,9	58,1

который является важным фактором, определяющим пригодность возделывания культуры в том или ином регионе. Высокая адаптивность данных культур и способность формировать высокую и стабильную продуктивность до 1,68-1,73 и 2,16-2,36 т/га как в условиях Среднего Поволжья, так и в условиях степного Крыма, позволяет отнести рыжик и крэмбе к перспективным культурам для возделывания в данных регионах.

Жирнокислотный состав масла позволяет использовать их семена для различных целей. Низкое содержание эруковой кислоты в масле рыжика позволяет использовать его на пищевые цели.

Высокое содержание эйкозеновой кислоты 15,9-16,3 % в маслосеменах рыжика и высокое содержание эруковой кислоты в маслосеменах крэмбе 58,1-58,9 %, дает возможность использовать их на технические цели, а в частности для переработки на биодизельное топливо.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гущина В.А., Лыкова А.С. Особенности формирования урожайности и качества маслосемян ярового рапса в зависимости от густоты посева // Нива Поволжья. 2015. № 4 (37). С. 27-32.
2. Кулинич Р.А., Турина Е.Л. Выращивание озимого рыжика и крэмбе абиссинской в центральной степи Крыма в 2014-2015 гг. // Материалы конференции «Инновационные идеи молодых исследователей для агропромышленного комплекса России». Пенза, 2016. С. 152-155.
3. Рябцева Н.А. Возможности возделывания CAMELINA SYLVESTRIS WALLER в Ростовской области // Сельское, лесное и водное хозяйство. 2015. № 1 (40). С. 14-17.
4. Новые сорта масличных культур семейства Brassicaceae селекции пензенского научно-исследовательского института сельского хозяйства / А.А. Смирнов, Т.Я. Прахова, Л.Е. Вельмисева, В.А. Прахов // Таврический вестник аграрной науки. 2016. № 3 (7). С. 95-102.
5. Зеленина О.Н., Прахова Т.Я. Жирно-кислотный состав маслосемян озимого рыжика сорта Пензяк // Масличные культуры. 2009. № 2 (141). С. 119-122.
6. Toebe M., Brum B., Lopes S. J. Estimativa da area foliar de Crambe abyssinica por discos foliares e por fotos digitais // Ciencia Rural, Santa Maria, 2012. Vol. 40. No. 2. P. 475-478.
7. Сидоров Е.А., Уханов А.П., Зеленина О.Н. Оценка жирнокислотного состава растительных масел и дизельных смесевых топлив на основе рыжика, сурепицы и льна масличного // Известия Самарской ГСХА. 2013. № 3. С. 49-54.
8. Jakob K., Brumm A., Ochrimenko N. Ertragsbildung der Krambe (Crambe abyssinica L.) in Abhängigkeit von der Wasser – und Stickstoffversorgung // Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 1998. No.11. P. 133-134.
9. Прахова Т.Я. Крэмбе абиссинская (Crambe abyssinica Hochst.): Монография. Пенза, 2017. 132 с.
10. Продуктивность рыжика озимого в зависимости от сроков сева в разных климатических регионах / Т.Я. Прахова, А.А. Смирнов, В.А. Прахов, Е.Л. Турина, Р.А. Кулинич // Труды Кубанского ГАУ. 2017. № 66. С. 203-207.
11. Жученко А.А. Адаптивная система селекции растений (эколого-генетические основы). М.: Изд-во РУДН, 2001. Т.1. 780 с.
12. Методика проведения полевых и агротехнических опытов с масличными культурами [под ред. В.М. Лукомца]. Краснодар: ВНИИМК, 2007. 113 с.
13. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
14. Кильчевский А.В., Хотылева Л.В. Генетические основы селекции растений. Минск, 2008. С. 50-56.
15. Вавилов Н.И. Проблемы происхождения, географии, генетики, селекции растений, растениеводства, агрономии. М.-Л.: Наука, 1965. 674 с.

AGROECOLOGICAL ASPECTS OF FORMATION OF AGROCENOSIS OF NON-TRADITIONAL OIL-CROPS

© 2018 Т.Я. Prakhova¹, V.A. Prakhov¹, E.L. Turina²

¹ FSBSI «Penza NIISH of Agriculture»

² FSBSI «Research Institute of Agriculture of Crimea», Simferopol

At present, the introduction of nontraditional oilseeds cultures of the family Brassicaceae: Camelina of winter (*Camelina silvestris* sp. *Pilosa* Z.) and *Crambe Abyssinica* (*Crambe abyssinica* Hochst.), which provide high productivity in a variety of agro-climatic conditions, is of great importance. The purpose of our research was to study the yielding properties of the *Crambe* and the *Camelina* in the contrasting conditions of the steppe Crimea and the Middle Volga region. The *Crambe Abyssinica* and of winter *Camelina* are maturing crops with a short vegetation period. The vegetation period of the *Crambe* in our studies was 84-98 days. At the same time, in the conditions of the temperate climate of the Crimea, the duration of the vegetation period of the *Crambe* was 84 days, which is 14 days less than in the conditions of the Middle Volga region. The period from seedling to ripeness of the *Camelina* of winter in the conditions of the lower air temperature of the Middle Volga region is 302 days, with 251 days in the conditions of the Crimea. *Camelina* and *Crambe* are stable and plastic cultures ($bi = 0.92-0.99$; $\sigma dr^2 = 0.07-0.08$) and ($bi = 0.96-0.98$; $\sigma dr^2 = 0.07-0.09$), which are capable of forming a high and high quality crop in different conditions of the cultivation region. Their productivity in contrasting conditions varied on average from 1.68 to 1.73 t / ha in the *Camelina* and from 2.16 to 2.36 t / ha at the *Crambe*. The oil

content of the Camelina in the Crimea reached 42.7%, whereas in the conditions of the Penza NIISH, the fat content in the seeds decreased by 2.6%. The oil content in the seeds of Crambe a the high-value reached 38.2% in Penza conditions, which exceeded the figure in the Crimea by 2.8%. The content of linoleic, linolenic and eicosenic acids was greatest in the conditions of the Penza region, which exceeded their content in the Crimea by 1.2; 1.8 and 0.4-0.9%. The content of oleic acid was the highest in the Crimea and amounted to 15.4 and 17.3%. The erucic acid with increasing temperature regime decreased: in the Camelina from 2.9 to 2.8% and in the Crambe from 58.9% to 58.1%. The Camelina and Krambe are promising crops for cultivation in these regions.

Keywords: Oilseeds, Camelina of winter, Crambe Abyssinica, regions of cultivation, productivity, oil content, fatty acid composition.

Tatyana Prakhova, Doctor of Agricultural Sciences, Leading Researcher of the Department of Oil Seeds. E-mail: prakhova.tanya@yandex.ru

Vladimir Prakhov, Senior Researcher of the Department of Oil Seeds. E-mail: prakhova.tanya@yandex.ru

Elena Turina, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher of the Laboratory of Plant Growing. E-mail: turina_e@niishk.ru