



Научная статья  
УДК 633.85:631:526.32  
doi: 10.55186/25876740\_2023\_66\_5\_498

## ПРОЦЕСС МАСЛООБРАЗОВАНИЯ И ЖИРНОКИСЛОТНОГО СОСТАВА В СЕМЕНАХ МАСЛИЧНЫХ КУЛЬТУР СЕМЕЙСТВА BRASSICACEAE

Т.Я. Прахова

Федеральный научный центр лубяных культур, Тверь, Россия

**Аннотация.** В статье представлено изучение процесса маслообразования и динамика накопления жирных кислот в семенах масличных культур семейства Brassicaceae применительно к условиям Среднего Поволжья. Объектом исследований служили рыжик яровой сорт Юбиляр, рапс яровой сорт Галант, крэмбе абиссинская сорт Полет и горчица белая сорт Люция. Образцы для анализа отбирали каждые 10-12 дней, начиная с момента образования семян. У всех изучаемых культур наблюдается общая направленность процесса образования жира, которая заключается в последовательном увеличении его с момента завязывания семян до созревания. Однако различается по интенсивности, степени его накопления и скорости протекания. На начальных стадиях развития семян содержание жира практически одинаковое: у рыжика и горчицы составляет 3,21 и 3,81%, у рапса — 2,70%, а у крэмбе — всего 1,25%. Начиная со второй стадии развития семян содержание жира в семенах рыжика и крэмбе увеличивается в 2,8 и 6,2 раза соответственно. У горчицы наращивание скорости маслонакопления начинается только на пятой стадии отбора, содержание масла увеличивается на 17,2%. У рапса увеличение масла в среднем составило 6,57-15,92% в среднем за период созревания семян. По мере созревания семян усиливается синтез полиненасыщенных — линолевой и линоленовой кислот. Содержание данных кислот в маслосеменах рапса понижается до 19,54 и 8,57%, у горчицы — до 9,83 и 9,64%, у крэмбе — до 8,55 и 6,28%. В семенах рыжика, наоборот, к концу созревания наблюдается увеличение в масле доли линоленовой (до 36,23%) и снижение олеиновой (до 13,81%) кислот. В масле рапса содержание олеиновой кислоты увеличивается до 63,18%. Содержание эруковой кислоты повышается, независимо от культуры. Таким образом, динамика накопления жирных кислот в семенах рыжика, горчицы, рапса и крэмбе подчиняется общим закономерностям.

**Ключевые слова:** масличные культуры, динамика маслонакопления, масличность, накопление жирных кислот, рыжик посевной, горчица белая, рапс яровой, крэмбе абиссинская

**Благодарности:** работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» (тема № FGSS-2022-0008). Авторы благодарят рецензентов за экспертную оценку статьи.

Original article

## THE PROCESS OF OIL FORMATION AND FATTY ACID COMPOSITION IN SEEDS OF OIL CROPS OF THE BRASSICACEAE FAMILY

T.Ya. Prakhova

Federal Research Center for Bast Fiber Crops, Tver, Russia

**Abstract.** The article presents a study of the process of oil formation and the dynamics of the accumulation of fatty acids in the seeds of oilseeds of the Brassicaceae family in relation to the conditions of the Middle Volga region. The objects of research were camelina sativa variety Yubilyar, Brassica napus variety Galant, Crambe abyssinica variety Polet and white mustard variety Lucia. Samples for analysis were taken every 10-12 days, starting from the moment of seed formation. All the studied cultures have a general direction in the process of fat formation, which consists in a consistent increase in it from the moment the seeds are set to ripening. However, it differs in intensity, degree of its accumulation and flow rate. At the initial stages of seed development, the fat content is almost the same: in camelina and mustard it is 3.21 and 3.81%, in rapeseed — 2.70%, and in crambe — only 1.25%. Starting from the second stage of seed development, the fat content in camelina and crambe seeds increases by 2.8 and 6.2 times, respectively. In mustard, an increase in the rate of oil accumulation begins only at the fifth stage of selection, the oil content increases by 17.2%. In rapeseed, the increase in oil averaged 6.57-15.92% on average over the period of seed maturation. As the seeds ripen, the synthesis of polyunsaturated — linoleic and linolenic acids increases. The content of these acids in rapeseed oil seeds decreases to 19.54 and 8.57%, in mustard — to 9.83 and 9.64%, in crambe — to 8.55 and 6.28%. In the seeds of camelina, on the contrary, by the end of ripening, an increase in the proportion of linolenic acids in the oil (up to 36.23%) and a decrease in olinic acids (up to 13.81%) are observed. In rapeseed oil, the content of oleic acid increases to 63.18%. The content of erucic acid increases, regardless of the culture. Thus, the dynamics of the accumulation of fatty acids in the seeds of camelina, mustard, rapeseed, and crambe obeys general patterns.

**Keywords:** oilseeds, dynamics of oil accumulation, oil content, accumulation of fatty acids, camelina sativa, white mustard, spring rapeseed, Crambe Abyssinica

**Acknowledgments:** the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the State assignment of the Federal Research Center for Bast Fiber Crops (theme No. FGSS-2022-0008). The author thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

**Введение.** Поволжье является благоприятным регионом для выращивания как традиционных, так и малораспространенных масличных культур, таких как горчица белая, рыжик посевной, крэмбе абиссинская и рапс яровой, обладающих большим функциональным потенциалом. В первую очередь, масличные культуры являются сырьем для производства растительных масел, которые представляют собой не только важнейший пищевой и кормовой продукт, но и являются сырьем для получения множества непищевых продуктов от олиф и смазочных материалов до биотоплива [1, 2].

В семенах рыжика содержится 39-45% высушающего масла, которое используется как на пищевые, так и на технические цели и обладает обширным диапазоном лечебного действия [3].

Нерафинированное рыжиковое масло характеризуется содержанием большого количества природных антиоксидантов, в частности витамина Е (40-120 мг%), что обуславливает его стойкость к процессам окисления [4]. Масло рыжика содержит до 90% полиненасыщенных жирных кислот. По содержанию линоленовой кислоты (до 36-41%) масло рыжика близко к льняному и хлопковому маслам и характеризуется относительно низким содержанием эруковой кислоты (1,5-4,2%) [5].

Масличности семян горчица белой составляет 25-35%. Масло горчицы относят к полувысшающим маслам и в зависимости от жирнокислотного состава его используют в пищу или для технических целей, в том числе и в качестве источника топлива для дизеля [6]. Горчичное масло

содержит биологически активные вещества фитонциды, различные органические соединения и эфирные масла, которые используются для парфюмерных и лекарственных целей [7, 8].

Многочисленные зарубежные и российские испытания крэмбе показали, что ее масло характеризуется высоким содержанием эруковой кислоты (55-60%), которая является важным исходным сырьем в oleохимической индустрии, что позволяет использовать крэмбовое масло в основном в технической промышленности, а также для получения биодизеля [9, 10]. В целом состав масла культуры представлен содержанием около 65-75% мононенасыщенных и 10-15% полиненасыщенных жирных кислот. Благодаря такой уникальной молекулярной структуре масло обладает чрезвычайной стойкостью к окислению



и высоким температурам. Благодаря низкому йодному числу, масло этой культуры редко, но используется в пищевой промышленности при производстве майонезов и маргарина [10, 11].

В семенах рапса содержится от 40,0 до 48,0% масла, которое является ценным диетическим продуктом, так как содержит достаточно высокое количество полиненасыщенных жирных кислот и мало насыщенных кислот. Рапсовое масло отличается более высоким содержанием олеиновой кислоты (60-65%) и обладает повышенной биологической ценностью по вкусовым и пищевым качествам [12]. При этом рапсовое масло широко используется и на технические нужды [13].

Процесс образования и накопления масла в растениях и его жирнокислотный состав зависит от многих факторов, от вида и сорта культуры, наследственных особенностей, а также климатических условий возделывания [14, 15].

Общая направленность процесса образования жира заключается в последовательном интенсивном увеличении его количества в формирующихся семенах с момента завязывания до созревания. Накопление жира в семенах сопровождается уменьшением в них концентрации сахаров, крахмала, пентозанов. Интенсивный синтез жиров продолжается почти до полного созревания семян и заметно снижается лишь на завершающих этапах их формирования [16, 17].

Маслообразовательный процесс в семенах масличных растений происходит с первых дней формирования семян, а в процессе созревания семян изменяется и качество масла, которое зависит от состава жирных кислот [18]. Начальные стадии созревания семени характеризуются высоким содержанием свободных жирных кислот. По мере созревания семян усиливается синтез ненасыщенных жирных кислот, особенно полиненасыщенных — линолевой и линоленовой [17].

Динамика маслонакопления у многих масличных растений сейчас очень активно изучается, и накоплено достаточно много различных данных. Так, например, ранее проведенные исследования показали, что в процессе созревания семян подсолнечника количество пальмитиновой и стеариновой кислот уменьшается от 25-30 до 6-10%, а содержание линолевой кислоты, наоборот, удваивается и составляет в масле зрелых семян 65-80% от общего количества жирных кислот. Содержание в масле мононенасыщенной олеиновой кислоты также существенно понижается [19]. Согласно данным М. Marcheva с соавторами, в семенах льна в процессе созревания повышается интенсивность синтеза линоленовой кислоты, тогда как количество других кислот в масле уменьшается [20].

**Целью исследований** являлось изучение маслообразовательного процесса и динамики накопления жирных кислот в семенах масличных крестоцветных культур применительно к условиям Среднего Поволжья.

**Методика исследований.** Объектом исследований служили крестоцветные культуры: рыжик яровой сорт Юбилей, крэмбе абиссинская сорт Полет, рапс яровой сорт Галант и горчица белая сорт Люция. Образцы для анализа отбирали каждые 10-12 дней, начиная с момента образования семян.

Определение содержания масла в семенах проводили в лаборатории агротехнологий ФГБНУ ФНЦ ЛК — ОП «Пензенский НИИСХ» с использованием общепринятых методик [21]. Определение содержания жирных кислот выполняли методом газожидкостной хроматографии на хроматографе «Хроматэк-Кристалл 5000».

Исследования проводили в течение 2020-2022 гг., которые различались по своим метеорологическим условиям. В 2020 г. период цветения-спелость, условия которого в основном влияют на процесс созревания семян, характеризовались как умеренно-засушливый, и гидротермический коэффициент варьировал от 0,45 для рыжика до 0,62 для крэмбе. Условия данного периода в 2022 г. характеризовались сильным увлажнением, ГТК варьировал в пределах 1,23-1,48 ед. В 2021 г. фаза цветения-спелость яровых масличных культур протекала в условиях умеренного увлажнения с ГТК 0,93-1,10. В целом климатические условия вегетационных периодов были благоприятными для формирования полноценного урожая семян. В среднем за 3 года индекс условий развития культуры был положительный и составил для рыжика — 2,17, для крэмбе — 1,23, для рапса — 1,11 и для горчицы — 2,20.

**Результаты исследований.** У всех изучаемых культур наблюдается идентичная направленность процесса образования масла, которая заключается в последовательном интенсивном увеличении степени его накопления в семенах с момента завязывания и до полного созревания. Однако уровень и темпы протекания маслообразовательного процесса неодинаковы и различаются по культурам и стадиям развития семян.

На начальных стадиях развития (начало образования семян) у рыжика и горчицы содержание жира практически одинаковое и составляет 3,21 и 3,81%. У рапса в первой фазе отбора масличность ниже и составляет 2,70%, а у крэмбе содержание жира достигает минимальных значений — всего 1,25% (табл. 1).

В данный период, как известно, процесс накопления жира протекает медленно и это объясняется тем, что на первых стадиях развития в семенах наблюдается высокое содержание полисахаридов, растворимых углеводов и белка.

Начиная со второй стадии развития семян, отмечается неравномерность течения данного процесса и изменение его скорости, что связано в первую очередь, с биологическими особенностями культур. В момент второй стадии отбора, когда семена прозрачные водянистые, содержание жира в семенах рыжика и крэмбе резко увеличивается — в 2,8 и 6,2 раза соответственно, и составляет 8,92 и 7,77%, что превышает содержание масла в семенах горчицы и рапса практически в 2 раза. При этом масличность рапса и горчицы увеличилась всего на 0,56 и 0,35%.

Интенсивность маслонакопительного процесса у ярового рыжика была практически стабильной, и содержание жира от фазы к фазе развития семян изменялось в 1,3-1,8 раза. Если во второй срок отбора масличность семян была 8,92%, то уже при третьей и четвертой стадии развития семян содержание жира увеличилось в 1,8 и 1,3 раза и составило 18,68 и 24,67% соответственно. Скорость накопления масла составила

в среднем 2,0% в сутки. В пятый срок отбора (семена бледно-желтые) концентрация масла в семенах составила 29,53%, что превысило данные показатели в предыдущей стадии на 4,86%. К молочно-восковой спелости процент масличности увеличился на 9,16%, а к полному созреванию семян прибавка масла составила всего 1,48%, и масличность рыжика составила 40,17%.

У горчицы в третьей и четвертой стадиях развития семян масличность повышалась не существенно — всего на 1,0-3,5%. Нарращивание скорости маслонакопления у нее начинается только на пятой стадии отбора, когда семена бледно-желтые, это почти на 48-50 день после начала плодообразования. Если в четвертой стадии содержание жира в семенах составляло 8,72%, то уже в пятый срок отбора содержание масла увеличивается в 3 раза и достигает 25,93%. Далее интенсивность накопления масла у горчицы снижается. И при наступлении молочно-восковой спелости масличность увеличивается всего на 0,21%, а к моменту полной зрелости семян — на 2,08%.

У крэмбе в третий срок отбора семян содержание жира увеличилось на 5,03%, а уже на четвертой стадии развития, когда семена еще зеленые, но твердые, отмечен интенсивный скачок маслонакопления. Масличность здесь повысилась на 12,69%. Далее, начиная с пятой стадии и до спелости семян, интенсивность маслообразовательного процесса снижается, и увеличение содержания жира в семенах крэмбе составляет 6,03, 3,18 и 0,99% соответственно.

Максимальное накопление липофильных соединений у рапса отмечено на третьей стадии развития (семена зеленые водянистые) и на пятой стадии (семена бледно-желтые), когда увеличение масла составило 15,33 и 15,92% соответственно. К молочно-восковой спелости процент масличности увеличился на 6,57%, а к полному созреванию семян прибавка масла составила всего 1,5%.

В процессе маслонакопления в течение всего времени одновременно идет образование насыщенных и ненасыщенных кислот. При этом на раннем этапе созревания семян (семена прозрачные водянистые) любой масличной культуры (рыжик, крэмбе, рапс и горчица) масло имеет высокую концентрацию пальмитиновой, стеариновой и линолевой кислот. К полной спелости количество насыщенных кислот снижается в 2-9 раз. Содержание линолевой кислоты уменьшается в 2-6 раз в зависимости от культуры (табл. 2).

У горчицы накопление олеиновой кислоты происходит с первых этапов завязывания семян (семена прозрачные водянистые) и увеличивается до фазы твердых зеленых семян, где достигает максимального значения — 35,55%. Далее с четвертой фазы состояния семян и до полной зрелости происходит снижение данной кислоты до 31,40%.

Таблица 1. Процесс маслонакопления в семенах крестоцветных культур, %  
Table 1. The process of oil accumulation in the seeds of cruciferous crops, %

Фаза развития	Культура			
	Рыжик	Рапс	Горчица	Крэмбе
1. Начало образования семян	3,21	2,70	3,81	1,25
2. Семена прозрачные водянистые	8,92	3,26	4,16	7,77
3. Семена зеленые водянистые	18,68	18,59	5,17	12,80
4. Семена зеленые твердые	24,67	26,49	8,72	25,49
5. Семена бледно-желтые	29,53	42,41	25,93	31,52
6. Молочно-восковая спелость	38,69	48,98	26,14	34,70
7. Семена спелые	40,17	50,48	28,22	35,69



Таблица 2. Динамика накопления жирных кислот в маслосеменах крестоцветных культур, %  
Table 2. Dynamics of fatty acids accumulation in oilseeds of cruciferous crops, %

Содержание жирной кислоты, %	Состояние семян					
	прозрачные водянистые	зеленые водянистые	зеленые твердые	бледно-желтые	восковая спелость	семена зрелые
<b>Рыжик яровой</b>						
Миристиновая	-	-	-	0,07	0,06	0,05
Пальмитиновая	13,36	10,18	9,35	5,39	5,39	5,21
Стеариновая	4,49	2,70	2,36	2,14	2,30	2,28
Олеиновая	22,25	15,42	15,06	14,44	13,82	13,81
Линолевая	39,07	31,81	26,22	18,74	18,64	18,16
Линоленовая	22,99	37,18	32,33	35,56	35,40	36,23
Арахидиновая	-	-	-	1,47	1,51	1,77
Эйкозеновая	-	3,5	9,06	14,27	15,26	14,80
Эруковая	-	-	1,54	3,35	3,55	3,50
<b>Горчица белая</b>						
Миристиновая	-	-	0,07	0,08	0,05	0,05
Пальмитиновая	7,90	4,61	3,13	2,87	2,64	2,61
Стеариновая	4,42	3,01	1,44	1,28	1,14	1,08
Олеиновая	19,85	21,37	35,55	33,98	33,57	31,40
Линолевая	38,59	29,42	10,84	9,94	9,81	9,64
Линоленовая	27,32	17,10	11,81	11,25	10,07	9,83
Арахидиновая	-	3,22	0,72	0,64	0,64	0,59
Эйкозеновая	0,21	4,24	10,04	10,67	10,87	11,46
Эруковая	-	-	23,35	26,11	28,64	28,21
<b>Рапс яровой</b>						
Миристиновая	-	-	0,10	0,06	0,06	0,04
Пальмитиновая	18,33	7,38	5,99	4,29	3,94	3,78
Стеариновая	4,48	2,54	2,41	1,90	1,86	1,83
Олеиновая	6,86	27,24	45,40	60,76	62,73	63,18
Линолевая	50,46	40,46	29,75	22,11	19,90	19,54
Линоленовая	19,87	22,58	12,33	8,74	8,66	8,57
Арахидиновая	-	-	0,31	0,39	0,47	0,48
Эйкозеновая	-	-	2,66	1,10	1,04	0,97
Эруковая	-	-	1,06	0,86	0,56	0,24
<b>Крамбе абиссинская</b>						
Миристиновая	-	-	-	0,08	0,05	0,04
Пальмитиновая	16,35	2,27	6,79	7,02	2,09	1,68
Стеариновая	-	2,94	2,93	1,09	0,81	0,67
Олеиновая	14,74	14,91	21,23	25,51	15,96	15,85
Линолевая	50,57	36,39	27,94	9,81	9,29	8,55
Линоленовая	7,84	18,17	22,31	11,25	6,85	6,28
Арахидиновая	-	-	1,02	0,84	0,83	0,83
Эйкозеновая	-	3,94	3,76	3,07	2,14	1,97
Эруковая	-	11,15	13,02	54,19	56,92	59,43

Концентрация линолевой и линоленовой кислот у горчицы достигает максимальных значений в начале образования семян — 38,59 и 27,32% соответственно. В первые три фазы развития семян (от прозрачных водянистых до зеленых твердых) концентрация данных кислот резко снижается — на 9,17-18,58 и 5,29-10,22%. При дальнейшем развитии семян происходит уже незначительное снижение содержания кислот — на 0,13-0,90 и 0,24-1,18%.

При достижении семенами стадии «семена зеленые твердые» происходит перераспределение содержания жирных кислот и образуется эруковая кислота, которая постепенно увеличивается и к фазе восковой спелости достигает максимального значения (28,64%). При созревании горчицы эруковая кислота на 0,43% снижается.

У рыжика насыщенные и полиненасыщенные кислоты формируются на первых этапах формирования семян. Концентрация линоленовой кислоты в прозрачных водянистых семенах составила 22,99%. Ко второму сроку отбора, когда семена

были еще водянистые, но уже зеленые, содержание данной кислоты увеличилось до 37,18%. Затем наблюдается снижение ее на 4,85%. Но уже на четвертой стадии развития семян содержание линоленовой кислоты опять повышается на 3,07%, и ее увеличение продолжается до полного созревания семян, где достигает максимума — 36,23%.

Линолевая и олеиновые кислоты в масле рыжика наибольшего значения достигают в первой стадии формирования семян (39,07 и 22,25%) и до спелости семян их концентрация планомерно снижается — до 18,16 и 13,81% соответственно.

При достижении семенами третьей стадии (семена зеленые твердые) происходит синтез эруковой кислоты, значение которой составляет 1,54%. Далее ее содержание постепенно увеличивается в четвертой стадии — до 3,35%, в пятой стадии — до 3,55%. Однако на момент полной спелости семян рыжика ярового наблюдается снижение содержания эруковой кислоты на 0,13% и составляет 3,42%.

При анализе динамики накопления линоленовой кислоты у рапса отмечено, что наибольшее количество ее содержится в зеленых водянистых семенах — 22,58%. Далее происходит снижение ее концентрации на 10,25 и 3,59% соответственно в третьей и четвертой стадиях созревания семян. Когда семена достигают фазы «бледно-желтые» содержание данной кислоты составляет 8,74% и к моменту восковой и полной спелости снижается не существенно — на 0,08-0,09%.

Содержание линолевой и пальмитиновой кислот максимальным было сразу в начале образования семян — 50,46 и 18,33%. При последующих стадиях развития семян происходит снижение процента данных кислот и на момент спелости семян рапса отмечена минимальная их концентрация — 19,54 и 3,78%. Обратная тенденция отмечена при синтезе олеиновой кислоты, содержание которой на первой стадии развития семян составляло 6,86% и по мере прохождения всех стадий созревания резко увеличивается на 15,36-20,38% и к моменту спелости семян составляет 63,18%.

Когда семена рапса достигают стадии зеленых и твердых в масле синтезируется эруковая кислота, которая наблюдается в небольших количествах (1,06%), что характерно для рапса как низкоэруковой культуры. К моменту полной спелости семян концентрация ее снижается до 0,24%.

Содержание эруковой кислоты в маслосеменах крамбе образуется, когда семена зеленые, но еще водянистые, и составляет 11,15% и далее в процессе формирования семян увеличивается. В третьей стадии отбора ее повышение не существенное — всего на 1,87%. При достижении семенами бледно-желтой окраски (четвертая стадия) происходит резкое увеличение накопления эруковой кислоты до 54,19%, а в зрелых семенах — до 59,43%.

Динамики накопления линоленовой кислоты у крамбе показывает, что наибольшее количество ее содержится в зеленых твердых семенах — 22,31%. Далее происходит снижение ее концентрации до 11,25 и 6,28%.

Данная тенденция наблюдается и при накоплении эйкозеновой кислоты. Начиная со стадии «семена зеленые водянистые», где ее значения максимальны (3,94%), концентрация эйкозеновой кислоты постепенно снижается и достигает минимальных значений в фазе полной спелости семян (1,97%).

Наблюдается и снижение линолевой кислоты по всем фазам развития семян. Однако характер протекания здесь менее интенсивный. Максимальное содержание линолевой кислоты приходится на первую стадию развития семян — 50,57%, и далее снижается до 8,55%.

Содержание олеиновой кислоты в маслосеменах крамбе было практически одинаковым на первой стадии развития семян и при полной спелости — 14,74 и 15,85% с разницей в 1,1%. Начиная с первой стадии, концентрация данной кислоты увеличивается до 25,51% на четвертой стадии развития семян крамбе. Затем происходит снижение ее до 15,96 и 15,85%, соответственно, при восковой и полной спелости семян.

**Заключение.** Таким образом, у всех изучаемых культур наблюдается идентичная направленность процесса образования масла, которая заключается в последовательном увеличении степени его накопления в семенах с момента завязывания и до полного созревания, но различается по интенсивности и скорости протекания.

Динамика накопления жирных кислот в семенах рыжика, горчицы, рапса и крамбе подчиняется общим закономерностям. Так, в маслосеменах рыжика ярового к концу созревания





наблюдается увеличение в масле доли линоленовой (до 36,23%) и эруковой (до 3,42%) кислот и снижение линолевой (18,16%) и олеиновой (13,81%) кислот. У горчицы, напротив, во время созревания семян концентрация линоленовой и линолевой кислот в масле снижается и составляет 9,83 и 9,64%. По мере созревания семян рапса усиливается синтез полиненасыщенных линолевой и линоленовой кислот, содержание которых в процессе их формирования понижается до 19,54 и 8,57%. Содержание в масле олеиновой кислоты, наоборот, увеличивается до 63,18%. У крэмбе по мере созревания семян увеличивается содержание эруковой кислоты и снижается концентрация полиненасыщенных и мононенасыщенных жирных кислот.

**Список источников**

- Сагирова Р.А., Шапенкова С.В. Сравнительная оценка возделывания масличных культур семейства Капустные (Brassicaceae) в условиях Предбайкалья // Научно-практический журнал «Вестник ИРГСХА». 2022. № 5 (112). С. 53-64. doi: 10.51215/1999-3765-2022-112-53-64
- Stolarski, M.J., Krzyzaniak, M., Kwiatkowski, J., Tworowski, J., Szczukowski, S. (2018). Energy and economic efficiency of Camelina and Crambe biomass production on a large-scale farm in north-eastern Poland. *Energy*, vol. 150, pp. 770-780. doi: 10.1016/j.energy.2018.03.021
- Prakhova, T.Ya., Prakhov, V.A., Danilov, M.V. (2018). Changes in the Fat-acidic Composition of Camelina sativa Oilseeds Depending on Hydrothermal Conditions. *Russian Agricultural Sciences*, vol. 44, no. 3, pp. 221-223.
- Вольф Е.Ю., Козырева В.М., Симаква И.В., Вольф А.А. Исследование жирно-кислотного состава некоторых растительных масел и их купажей // Ползуновский вестник. 2021. № 3. С. 131-140. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.018
- Konkova, N.G., Shelenga, T.V., Gridnev, G.A., Dubovskaya, A.G., Malyshev, L.L. (2021). Stability and Variability of Camelina Sativa (L) Crantz Economically Valuable Traits In Various Eco-Geographical Conditions Of The Russian Federation. *Agronomy*, vol. 11, no 2, pp. 332. doi: 10.3390/agronomy11020332
- Воловик В.Т. Горчица белая — значение, использование // Адаптивное кормопроизводство. 2020. № 2. С. 41-67. doi: 10.33814/AFP-2222-5366-2020-2-41-67
- Gavrilova, V., Shelenga, T., Porokhovinova, E., Dubovskaya, A., Kon'kova, N., Grigoryev, S., Podolnaya, L., Konarev, A., Yakusheva, T., Kishlyan, N., Pavlov, A., Brutch, N. (2020). The diversity of fatty acid composition in traditional and rare oil crops cultivated in Russia. *Bio. Comm.*, no. 1 (65), pp. 68-81. doi: 10.21638/spb
- Sawicka, B., Kotiuk, E., Kiełtyka-Dadasiewicz, A., Krochmal-Marczak, B. (2020). Fatty Acids Composition of Mustard Oil from Two Cultivars and Physico-chemical Characteristics of the Seeds. *Journal of oleo science*, no. 69, pp. 207-217. doi: 10.5650/jos.ess19171
- Costa, E., Almeida, M.F., Alvim-Ferraz, C., Dias, J.M. (2019). Cultivation of Crambe abyssinica non-food crop in Portugal for bioenergy purposes: agronomic and environmental assessment. *Industrial crops and Products*, vol. 139. doi: 10.1016/j.indcrop.2019.111501
- Turina E.L., Prakhova T.Ya., Radchenko L.A. Значение крэмбе абиссинской (Crambe Abyssinica) и ее урожайность в различных странах мира (обзор) // Зерновое хозяйство России. 2021. № 4 (76). С. 66-72. doi: 10.31367/2079-8725-2021-76-4-66-72
- Сазонкин К.Д., Никитов С.В., Виноградов Д.В. Возделывание крэмбе абиссинской в условиях Рязанской области // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. 2022. Т. 14. № 1. С. 62-69. doi: 10.36508/RSATU.2022.40.49.007
- Кузнецова Г.Н., Полякова Р.С. Влияние климатических условий на урожайность, масличность и жирнокислотный состав масла рапса ярового // International agricultural journal. 2021. № 2. С. 84-94. doi: 10.24411/2588-0209-2021-10313

**Информация об авторе:**

**Прахова Татьяна Яковлевна**, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник лаборатории селекционных технологий, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7063-4784>, [prakhova.tanya@yandex.ru](mailto:prakhova.tanya@yandex.ru)

**Information about the author:**

**Tatyana Ya. Prakhova**, doctor of agricultural sciences, chief researcher of the laboratory of selection technologies, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7063-4784>, [prakhova.tanya@yandex.ru](mailto:prakhova.tanya@yandex.ru)

- Запечалов М.В., Сергеев Н.С., Редреев Г.В. Применение рапсового масла в качестве биодизельного топлива // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2021. № 4 (44). С. 198-206. doi: 10.48136/2222-0364\_2021\_4\_198
- Галицкий Д.Н., Шаманин В.П. Влияние условий окружающей среды на накопление масла в семенах льна масличного и его качество // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). 2015. № 2 (35). С. 18-24.
- Прахов В.А., Данилов М.В. Жирнокислотный состав маслосемян рыжика ярового в зависимости от гидротермических условий // Сборник материалов конференции «Достижения современной аграрной науки сельскохозяйственному производству». Калуга, 2017. С. 131-134.
- Rusinek, R., Rybczynski, R., Tys, J., Gawrysiak-Witulska, M., Nogala-Kalucka, M., Siger, A. (2012). The Process Parameters For Non-Typical Seeds During Simulated Cold Deep Oil Expression. *Czech Journal of Food Sciences*, vol. 30, no. 2, pp. 126-134. doi: 10.17221/503/2010-CJFS
- Прахова Т.Я. Динамика накопления масла и жирных кислот в семенах крестоцветных культур // Российская сельскохозяйственная наука. 2019. № 6. С. 15-18. doi: 10.31857/S2500-26272019615-18
- Miklaszewska, M., Zienkiewicz, K., Inchna, P., Zienkiewicz, A. (2021). Lipid metabolism and accumulation in oilseed crops. *Published by EDP Sciences*, no. 28, pp. 50-63. doi: 10.1051/ocl/2021039
- Onemli, F. (2012). Changes in Oil Fatty Acid Composition During Seed Development of Sunflower. *Asian Journal of Plant Sciences*, no. 11, pp. 241-245. doi: 10.3923/ajps.2012.241.245
- Marcheva, M., Teneva, T.O., Zlatanov, M., Antova, G. (2013). The changes of phospholipid and fatty acid composition during development of flax seeds. *Journal of Food and Packaging Science, Technique and Technologies*, no. 2, pp. 48-51.
- Ермаков А.И. Методы биохимического исследования растений. Л.: Агропромиздат, 1987. 430 с.

**References**

- Sagirova, R.A., Shapenkova, S.V. (2022). Sravnitel'naya otsenka vozdel'vaniya maslichnykh kul'tur semeystva Kapustnyye (Brassicaceae) v usloviyakh Predbaikal'ya [Comparative assessment of the cultivation of oilseeds of the Cabbage family (Brassicaceae) in the conditions of the Cis-Baikal region]. *Nauchno-prakticheskiy zhurnal «Vestnik IRGSKHA» [Scientific and practical journal "Vestnik IRGSHA"]*, no. 5 (112), pp. 53-64. doi: 10.51215/1999-3765-2022-112-53-64
- Stolarski, M.J., Krzyzaniak, M., Kwiatkowski, J., Tworowski, J., Szczukowski, S. (2018). Energy and economic efficiency of Camelina and Crambe biomass production on a large-scale farm in north-eastern Poland. *Energy*, vol. 150, pp. 770-780. doi: 10.1016/j.energy.2018.03.021
- Prakhova, T.Ya., Prakhov, V.A., Danilov, M.V. (2018). Changes in the Fat-acidic Composition of Camelina sativa Oilseeds Depending on Hydrothermal Conditions. *Russian Agricultural Sciences*, vol. 44, no. 3, pp. 221-223.
- Vol'f, E.Yu., Kozyreva, V.M., Simakova, I.V., Vol'f, A.A. (2021). Issledovanie zhirno-kislotojnogo sostava nekotorykh rastitel'nykh masel i ikh kupazhei [Study of the fatty acid composition of some vegetable oils and their blends]. *Polzunovskii vestnik*, no. 3, pp. 131-140. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.018
- Konkova, N.G., Shelenga, T.V., Gridnev, G.A., Dubovskaya, A.G., Malyshev, L.L. (2021). Stability and Variability of Camelina Sativa (L) Crantz Economically Valuable Traits In Various Eco-Geographical Conditions Of The Russian Federation. *Agronomy*, vol. 11, no 2, pp. 332. doi: 10.3390/agronomy11020332
- Volovik, V.T. (2020). Gorchitsa belaya — zhanenie, ispol'zovanie [White mustard — meaning, use]. *Adaptivnoe kormoproizvodstvo* [Adaptive fodder production], no. 2, pp. 41-67. doi: 10.33814/AFP-2222-5366-2020-2-41-67
- Gavrilova, V., Shelenga, T., Porokhovinova, E., Dubovskaya, A., Kon'kova, N., Grigoryev, S., Podolnaya, L., Konarev, A., Yakusheva, T., Kishlyan, N., Pavlov, A., Brutch, N. (2020). The diversity of fatty acid composition in traditional and rare oil crops cultivated in Russia. *Bio. Comm.*, no. 1 (65), pp. 68-81. doi: 10.21638/spb

- Sawicka, B., Kotiuk, E., Kiełtyka-Dadasiewicz, A., Krochmal-Marczak, B. (2020). Fatty Acids Composition of Mustard Oil from Two Cultivars and Physico-chemical Characteristics of the Seeds. *Journal of oleo science*, no. 69, pp. 207-217. doi: 10.5650/jos.ess19171
- Costa, E., Almeida, M.F., Alvim-Ferraz, C., Dias, J.M. (2019). Cultivation of Crambe abyssinica non-food crop in Portugal for bioenergy purposes: agronomic and environmental assessment. *Industrial crops and Products*, vol. 139. doi: 10.1016/j.indcrop.2019.111501
- Turina, E.L., Prakhova, T.Ya., Radchenko, L.A. (2021). Zhanenie krambe abissinskoi (Crambe Abyssinica) i ee urozhainost' v razlichnykh stranakh mira (obzor) [The value of the Abyssinian crambe (Crambe Abyssinica) and its productivity in various countries of the world (review)]. *Zernovoe khozyaistvo Rossii* [Grain economy of Russia], no. 4 (76), pp. 66-72. doi: 10.31367/2079-8725-2021-76-4-66-72
- Sazonkin, K.D., Nikitov, S.V., Vinogradov, D.V. (2022). Vozdel'vaniye krambe abissinskoi v usloviyakh Ryzanskoj oblasti [Cultivation of the Abyssinian crambe in the conditions of the Ryzan region]. *Vestnik Ryzanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta imeni P.A. Kostycheva* [Herald of Ryzan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev], vol. 14, no. 1, pp. 62-69. doi: 10.36508/RSATU.2022.40.49.007
- Kuznetsova, G.N., Polyakova, R.S. (2021). Vliyaniye klimaticheskikh uslovii na urozhainost', maslichnost' i zhirkislolotnyy sostav masla rapsa yarovogo [Influence of climatic conditions on productivity, oil content and fatty acid composition of spring rapeseed oil]. *International agricultural journal*, no. 2, pp. 84-94. doi: 10.24411/2588-0209-2021-10313
- Запечалов М.В., Сергеев Н.С., Редреев Г.В. (2021). Применение рапсового масла в качестве биодизельного топлива [The use of rapeseed oil as a biodiesel fuel]. *Vestnik Омского государственного аграрного университета* [Vestnik of Omsk State Agrarian University], no. 4 (44), pp. 198-206. doi: 10.48136/2222-0364\_2021\_4\_198
- Galitskiy, D.N., Shamaniin, V.P. (2015). Vliyaniye uslovii okruzhayushchei sredy na nakopleniye masla v semenakh l'na maslichnogo i ego kachestvo [Influence of environmental conditions on the accumulation of oil in oil flax seeds and its quality]. *Vestnik NGAU (Novosibirskii gosudarstvennyi agrarniy universitet)* [Bulletin of NSAU (Novosibirsk State Agrarian University)], no. 2 (35), pp. 18-24.
- Prakhov, V.A., Danilov, M.V. (2017). Zhirkislolotnyy sostav maslosemyan ryzhika yarovogo v zavisimosti ot gidrottermicheskikh uslovii [Fatty acid composition of spring camelina oilseeds depending on hydrothermal conditions]. *Sbornik materialov konferentsii «Dostizheniya sovremennoi agrarnoi nauki sel'skokhozyaistvennomu proizvodstvu»* [Collection of conference materials "Achievements of modern agrarian science to agricultural production"]. Kалуга, pp. 131-134.
- Rusinek, R., Rybczynski, R., Tys, J., Gawrysiak-Witulska, M., Nogala-Kalucka, M., Siger, A. (2012). The Process Parameters For Non-Typical Seeds During Simulated Cold Deep Oil Expression. *Czech Journal of Food Sciences*, vol. 30, no. 2, pp. 126-134. doi: 10.17221/503/2010-CJFS
- Prakhova, T.Ya. (2019). Dinamika nakopleniya masla i zhirknykh kislot v semenakh krestotsvetnykh kul'tur [Dynamics of accumulation of oil and fatty acids in the seeds of cruciferous crops]. *Rossiyskaya sel'skokhozyaistvennaya nauka* [Russian Agricultural Science], no. 6, pp. 15-18. doi: 10.31857/S2500-26272019615-18
- Miklaszewska, M., Zienkiewicz, K., Inchna, P., Zienkiewicz, A. (2021). Lipid metabolism and accumulation in oilseed crops. *Published by EDP Sciences*, no. 28, pp. 50-63. doi: 10.1051/ocl/2021039
- Onemli, F. (2012). Changes in Oil Fatty Acid Composition During Seed Development of Sunflower. *Asian Journal of Plant Sciences*, no. 11, pp. 241-245. doi: 10.3923/ajps.2012.241.245
- Marcheva, M., Teneva, T.O., Zlatanov, M., Antova, G. (2013). The changes of phospholipid and fatty acid composition during development of flax seeds. *Journal of Food and Packaging Science, Technique and Technologies*, no. 2, pp. 48-51.
- Ермаков, А.И. (1987). *Metody biokhimicheskogo issledovaniya rastenii* [Methods of biochemical research of plants]. Leningrad, Agropromizdat Publ., 430 p.

