

DOI 10.33952/2542-0720-2020-4-24-152-160

УДК 633.85:631:526.32

Прахова Т. Я.¹, Турина Е. Л.², Прахов В. А.¹.

ЖИРНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ ОЗИМОГО РЫЖИКА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РЕГИОНА ВОЗДЕЛЫВАНИЯ

¹ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур»;

²ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»

Реферат. Ценность рыжика посевного определяет получение из него растительного масла, используемого в питании человека и в промышленном производстве. Цель исследований – оценка содержания жирных кислот в маслосеменах *Camelina sylvestris* (L.) Crantz. в зависимости от гидротермических условий возделывания. Объект изучения – семена озимого рыжика посевного сорта Пензяк, выращенные в условиях Пензенской области и степного Крыма в 2017–2019 гг. В 2017 г. в Крыму зафиксированы засушливые условия, ГТК = 0,61. В Пензенской области 2017 г. характеризовался умеренным увлажнением, ГТК = 1,10. Условия 2019 г. характеризовались как засушливые в обоих регионах, ГТК составил 0,63 (Крым) и 0,60 (Пенза). В 2018 г. в Крыму и в Пензе ГТК составил 0,23 и 0,45. Почвы участков представлены выщелоченным (Пенза) и южным слабогумусированным черноземом (Крым). Метиловые эфиры жирных кислот выделяли и анализировали по ГОСТ Р 51 486-99. Концентрация олеиновой и линолевой кислот в семенах из Крыма достигала 15,50–18,56 % и 18,08–19,58 % соответственно. В более холодном регионе (Пенза) содержание данных кислот было ниже, чем в Крыму, и составило 11,90–14,82 и 16,12–17,10 % соответственно. Содержание линоленовой кислоты было наибольшим в маслосеменах из Пензенского региона и составило 36,80–38,50 %, что на 4,94–6,40 % превысило ее количество в масле из Крыма. Содержание эруковой кислоты в двух регионах составило 2,81–2,94 %. Коэффициент вариации данной кислоты по регионам исследования находился на уровне 1,59 %. Линоленовая и олеиновая кислоты наиболее подвержены изменению в зависимости от условий возделывания, коэффициент их вариации составил 10,08 и 16,32 % соответственно. Суммарное содержание полиненасыщенных жирных кислот высокое и составляет в среднем по регионам 52,4–54,6 %. Наибольшая их концентрация отмечена в маслосеменах из Пензы, которая превышала на 2,2 % концентрацию в маслосеменах из Крыма. Содержание ω -9 жирных кислот по регионам варьировало в пределах от 33,7 % (Пенза) до 35,9 % (Крым) и характеризовалось низким коэффициентом вариации – 4,14 %. Размах варьирования ω -3 и ω -6 кислот в среднем по регионам составил 6,32–7,81 %. Содержание их составляло 31,5 и 20,9 % в маслосеменах из Крыма и 35,5 и 19,1 % соответственно из Пензы. Соотношение между омега-6 и омега-3 кислотами составляет 1,8:1.

Ключевые слова: озимый рыжик посевной (*Camelina sylvestris* (L.) Crantz.), жирнокислотный состав, регион возделывания, линоленовая кислота, линолевая кислота, эруковая кислота, олеиновая кислота.

Введение

Одной из ключевых задач, стоящих перед человечеством, является производство достаточного количества продовольствия для растущего населения планеты [1]. Утверждается, что к 2050 г. необходимо производить продовольствия на 70 % больше, чем в 2020, иначе возможны серьезные социальные и экономические последствия. Одним из предлагаемых решений этой глобальной

проблемы является увеличение числа сельскохозяйственных культур, продукцию которых возможно использовать на различные нужды народного хозяйства [2].

В сельскохозяйственном производстве масличные культуры занимают особый сектор, значение которых определяется производством маслосемян широкого диапазона применения [3, 4].

В первую очередь ценность масличных культур определяет получение из них растительного масла, используемого в питании человека и в промышленном производстве.

В масле большинства масличных растений наиболее часто встречаются насыщенные пальмитиновая, стеариновая и ненасыщенные олеиновая, линолевая и линоленовая жирные кислоты, которые и обуславливают жирнокислотный состав [3, 5]. Последний является главным критерием оценки качества растительного масла (вкусовые, технологические и другие свойства). Тем не менее, единого параметра определения оптимального жирнокислотного состава растительных масел пока не существует. По современным представлениям качество масла определяется не только содержанием полиненасыщенных жирных кислот, но и их соотношением [6, 7].

Другой, не менее важной проблемой остается сокращение мировых запасов ископаемого топлива и интенсификация глобальных экологических вызовов (глобальное потепление и изменение климата из-за увеличения выбросов парниковых газов) [8]. Учитывая невозобновляемый характер углеводородов, в настоящее время поиски ученых направлены на исследования альтернативных видов топлив, в том числе из сельскохозяйственных культур. К одним из наиболее важных масличных растений, обладающих высоким потенциалом для производства биотоплива и биоавиакеросина, относят *Camelina sylvestris* (L.) Crantz (рыжик посевной) [8–11].

По сообщениям ученых, масличность семян рыжика озимого при благоприятных условиях составляет 44 % и выше и имеет большой спектр применения в различных отраслях промышленности [12]. В жирнокислотном составе масла основную часть занимают полиненасыщенные жирные кислоты (около 50 % от общего количества жирных кислот), а высокое содержание ценной α -линоленовой кислоты позволяет применять рыжиковое масло в качестве биологически ценной добавки и на пищевые цели [3]. После эпоксидирования масло *C. sylvestris* может быть использовано в производстве пластификаторов, смазочных материалов, полиолов, смол, композитов, покрытий, эластомеров и клеев [12, 13]. Масло рыжика богато эйкозеновой (гондоевой) кислотой, содержание которой варьирует, как правило, от 12 до 16 %, и предполагает его использование в качестве ресурса для получения биодизеля [9, 10, 14].

Установлено, что жирнокислотный состав растительных масел изменяется в зависимости от сорта, вида почв, климатических условий и элементов агротехники [15]. В суровом холодном климате северных регионов в масле содержится больше ненасыщенных жирных кислот, и, наоборот – с продвижением на юг количество насыщенных кислот возрастает [16].

Цель исследований – оценка содержания жирных кислот в маслосеменах *Camelina sylvestris* (L.) Crantz. в зависимости от гидротермических условий возделывания.

Материалы и методы исследований

Объектом исследований являлись семена рыжика сорта Пензяк, выращенного в условиях лесостепи Пензенской области и в степных условиях Республики Крым в 2017–2019 гг.

Экологические условия в годы исследований были контрастные и определялись в первую очередь взаимодействием гидротермальных факторов (тепла и влаги), о чем свидетельствует гидротермический коэффициент (ГТК).

Вегетационный период озимого рыжика в 2017 г. в Крыму протекал в засушливых условиях при ГТК = 0,61 и среднесуточной температуре 8,9 °С. В Пензенской области этот год отличался более благоприятными условиями для развития рыжика и характеризовался умеренным увлажнением. Коэффициент соотношения влаги и температуры здесь составил 1,10.

Неблагоприятно для культуры сложились условия в 2018 г. – недостаточное количество осадков сопровождалось повышенным температурным режимом: ГТК по регионам составил 0,45 и 0,23 в Пензе и Крыму соответственно.

В 2019 г. погодные условия характеризовались как засушливые по двум регионам: в Пензенской области ГТК = 0,63, в Крыму ГТК = 0,60 при среднесуточных температурах 5,3 и 8,4 °С соответственно.

Почвы опытного участка Пензенского региона представлены выщелоченным черноземом, а почвы участка НИИСХ Крыма – южным слабогумусированным черноземом. Содержанием гумуса в пахотном слое составляет в среднем 6,4 и 2,6 %, рН – 5,5 и 7,3 соответственно. Площадь участков – 25 м², повторность – четырехкратная, предшественник – озимые зерновые. В опытах применяли технологию возделывания, рекомендованную для озимого рыжика (оптимальные сроки посева для крымского региона – III декада сентября, для Пензы – III декада августа, способ посева рядовой, норма высева 8 млн) [17]. Агротехнологические мероприятия были одинаковы в двух регионах.

Состав жирных кислот масла семян анализировали на хроматографе «Хроматэк-Кристалл 5000». Для разделения метиловых эфиров жирных кислот использовали капиллярную колонку «SolGelWax» 30 м × 0,25 мм × 0,5 мкм с параметрами режима: скорость газа-носителя – гелия была 25 см/с, температуру колонки изменяли в пределах 180–235 °С. Метиловые эфиры жирных кислот выделяли и анализировали согласно ГОСТ Р 51 486-99.

Коэффициент вариации рассчитывали по Б. А. Доспехову [18].

Результаты и их обсуждение

Как известно, жирные кислоты делятся на главные (пальмитиновая С18:2, стеариновая С18:0, олеиновая С18:1, линолевая С18:2 и линоленовая С18:3) и второстепенные, которые могут быть ненасыщенными и содержать 6, 8 или 10, а некоторые – 20 – 30 атомов углерода [5].

Маслосемена озимого рыжика имеют в своем составе все главные жирные кислоты и отличаются высоким содержанием линоленовой (30,40–38,50 %), линолевой (16,12–19,58 %) и олеиновой (11,90–18,56 %) кислот в зависимости от региона возделывания (таблица 1).

Таблица 1 – Жирнокислотный состав маслосемян рыжика озимого в зависимости от региона возделывания (2017–2019 гг.)

| Кислота | Крым | | Пензенская область | | Коэффициент вариации (Cv), % |
|----------------------|-------------|---------|--------------------|---------|------------------------------|
| | min-max | среднее | min-max | среднее | |
| Миристиновая С14:0 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,0 |
| Пальмитиновая С 16:0 | 5,31–5,52 | 5,44 | 4,40–4,93 | 4,71 | 8,68 |
| Стеариновая С 18:0 | 2,21–2,44 | 2,36 | 2,10–2,32 | 2,24 | 5,59 |
| Олеиновая С 18:1 | 15,50–18,56 | 17,49 | 11,90–14,82 | 13,71 | 16,32 |
| Линолевая С 18:2 | 18,08–19,59 | 19,06 | 16,12–17,10 | 16,51 | 8,64 |
| Линоленовая С 18:3 | 30,40–33,56 | 31,54 | 36,80–38,50 | 37,46 | 10,08 |
| Арахидиновая С 20:0 | 1,59–1,60 | 1,60 | 1,52–1,55 | 1,54 | 2,20 |
| Эйкозеновая С 20:1 | 15,19–15,96 | 15,46 | 14,70–15,80 | 15,32 | 5,30 |
| Эруковая С 22:1 | 2,89–2,94 | 2,92 | 2,81–2,92 | 2,88 | 1,59 |
| ГТК | 0,23–0,61 | 0,48 | 0,45–1,10 | 0,73 | - |

В различных регионах возделывания отмечено существенное влияние гидротермальных условий на жирнокислотный состав рыжика. Например, в маслосеменах рыжика, выращенного в более теплом климате Крыма, содержание олеиновой и линолевой кислот достигает 15,50–18,56 % и 18,08–19,58 % соответственно. При более низких температурах Пензенского региона отмечено снижение концентрации данных кислот по сравнению с Крымом до 11,90–14,82 % и 16,12–17,10 % соответственно.

Максимальный процент содержания линолевой кислоты зафиксирован в маслосеменах урожая 2017 г. в обоих регионах: при этом в условиях Крыма – в семенах, выращенных в недостаточно-увлажненных условиях (ГТК = 0,61), а в условиях Пензы, наоборот, в умеренно-увлажненных, при ГТК = 1,10. Концентрация данной кислоты в маслосеменах, выращенных в этих условиях, достигала 19,58 и 17,10 % соответственно. Содержание линоленовой кислоты, напротив, было наибольшим в рыжике из Пензенского региона и составило 36,80–38,50 %, что на 4,94–6,40 % превысило ее содержание в масле рыжика из Крыма.

Массовая доля эйкозеновой кислоты составила 14,70–15,96 % в зависимости от региона. Следует отметить, что данная жирная кислота является специфичной для рыжикового масла и в других культурах содержится не часто или в малых количествах.

Содержание эруковой кислоты в масле рыжика озимого в годы с разными гидротермическими показателями в регионах практически не изменялось (2,81–2,94 %). Коэффициент вариации данной кислоты составил всего 1,59 %, что свидетельствует о стабильном сортовом проявлении признака.

Изменение гидротермальных условий влияло на содержание пальмитиновой и стеариновой жирных кислот. Если в 2018 г. при минимальном значении ГТК 0,23 и 0,45 их содержание было максимальным – 4,93–5,52 и 2,32–2,44 % соответственно региону, то с увеличением значения гидротермического коэффициента их концентрация снижалась. Данная тенденция прослеживается по обоим регионам и свидетельствует о том, что более жаркие и сухие условия в период вегетации рыжика способствуют повышению накопления насыщенных кислот.

Благоприятные условия возделывания при ГТК 1,10 (Пензенский регион) способствовали увеличению концентрации олеиновой кислоты – 14,82 % и снижению массовой доли эруковой кислоты до 2,81 %. Наоборот, в маслосеменах рыжика, выращенного в Крыму, наибольшее содержание олеиновой кислоты наблюдали в остросушливых условиях (ГТК = 0,23) и составляло 18,56 %, что на 0,15 и 3,06 % превысило значения, полученные в маслосеменах, выращенных в годы с более благоприятными условиями, когда ГТК составил 0,60 и 0,61.

Содержание полиненасыщенной линоленовой кислоты варьировало в пределах 30,40–38,50 %. При этом максимальное значение отмечено в 2019 г. в обоих регионах возделывания при ГТК 0,60–0,63 и составило 33,56 % (Крым) и 38,50 % (Пенза).

Линоленовая и олеиновая кислоты наиболее подвержены изменению в зависимости от среды выращивания, коэффициент их вариации составил 10,08 и 16,32 % соответственно.

Суммарное содержание полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК) в масле высокое и составляло в среднем по регионам 52,4–54,6 % (рисунок 1). При этом наибольшая концентрация ПНЖК отмечена в семенах культуры, выращенной в Пензе.

Среднее содержание мононенасыщенных и насыщенных жирных кислот составило 34,5–36,4 % и 9,5–10,2 % в зависимости от региона. Здесь наибольшие показатели данных групп кислот наблюдали в семенах крымского происхождения.

Размах вариации полиненасыщенных, мононенасыщенных и насыщенных кислот был низким и составил 2,71; 3,69 и 5,71 % соответственно, что свидетельствует о более стабильном накоплении данных кислот независимо от условий среды и региона (таблица 2).

Содержание ω -9 жирных кислот по регионам варьировало в незначительных пределах – от 33,7 % (Пенза) до 35,9 % (Крым) и характеризовалось низким коэффициентом вариации – 4,14 %.

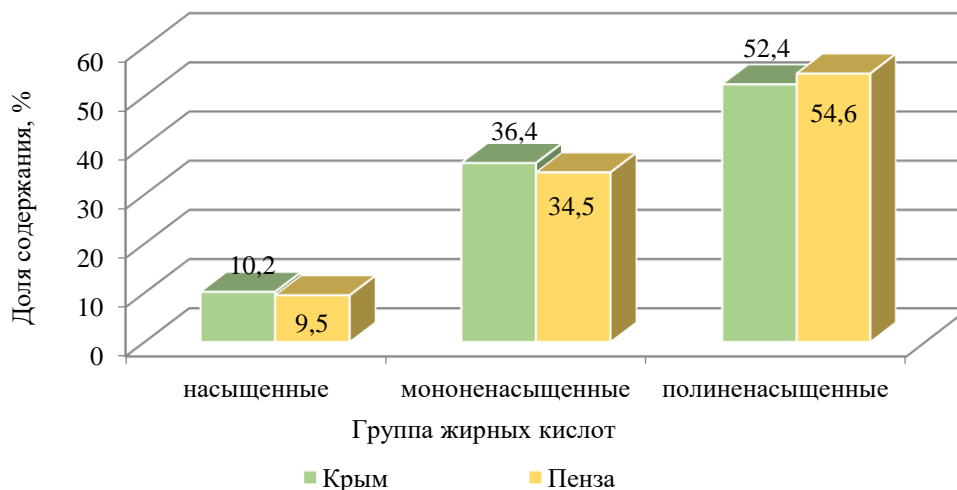


Рисунок 1 – Содержание жирных кислот по группам насыщенности (2017–2019 гг.)

Таблица 2 – Варьирование жирных кислот по группам (2017–2019 гг.)

| Группа кислот | Содержание по регионам, min–max | Коэффициент вариации (C_v), % |
|------------------|---------------------------------|-----------------------------------|
| Насыщенные | 9,09–10,60 | 5,71 |
| Мононенасыщенные | 33,97–37,37 | 3,69 |
| Полиненасыщенные | 51,61–55,16 | 2,71 |
| ω -3 | 30,40–36,76 | 7,81 |
| ω -6 | 18,26–21,27 | 6,32 |
| ω -9 | 33,27–36,67 | 4,14 |

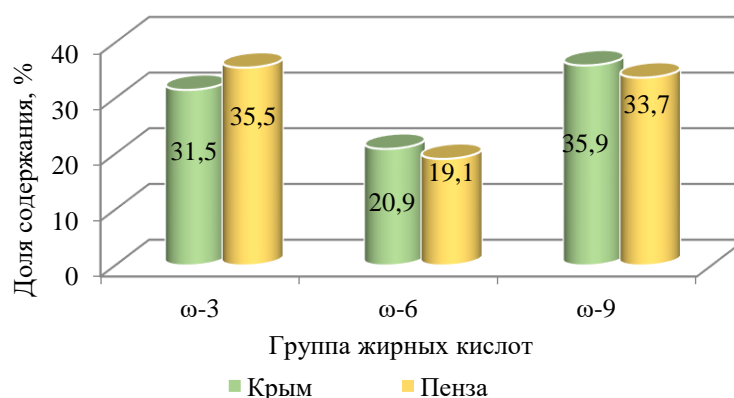


Рисунок 2 – Содержание ω -3, ω -6 и ω -9 жирных кислот (2017–2019 гг.)

При этом, независимо от большего или меньшего содержания жирных кислот по регионам наблюдали некий баланс в их соотношениях. Если отношение ω -6 к ω -9 составляет в среднем по регионам 1,8:1, то и соотношение баланса между ω -6 и ω -3

кислотами находилось на уровне 1,8:1, что делает возможным использование масла рыжика для диетического питания.

Соотношение полиненасыщенных жирных кислот к мононенасыщенным и насыщенным составляло 5,4:1,5:1 в среднем по регионам.

Выводы

Таким образом, содержание основных жирных кислот в маслосеменах рыжика озимого незначительно изменялось в зависимости от значения ГТК и региона возделывания, коэффициент вариации составлял 1,59–16,32 %.

Наибольшие изменения в зависимости от условий среды отмечены у линоленовой и олеиновой кислот, коэффициент их вариации в зависимости от регионам исследования составил 10,08 и 16,32 % соответственно. Содержание этих кислот в обоих регионах варьировало в пределах 30,40–38,50 и 11,90–18,56 % соответственно.

Содержание эруковой кислоты в масле рыжика озимого практически не изменялось ($C_v = 1,59\%$) и составило 2,81–2,94 %.

Масло рыжика озимого содержит 52,4–54,6 % полиненасыщенных жирных кислот и в среднем 2,88–2,92 % эруковой кислоты. Рассмотренные свойства масла ставят рыжик в ряд культур, пригодных для переработки в oleохимической промышленности в качестве потенциального сырья для получения биопродуктов. А сбалансированное соотношение между ω -6 (линолевой) и ω -3 (линоленовой) кислотами, которое составляет 1,8:1, позволяет использовать масло культуры для диетического питания.

Литература

1. Araujo B. R., Romao L. P. C., Doumer M. E., Mangrich A. S. Evaluation of the interactions between chitosan and humics in media for the controlled release of nitrogen fertilizer // *Journal of Environmental Management*. 2017. Vol. 190. P. 122–131. DOI: 10.1016/j.jenvman.2016.12.059.
2. Лукомец В. М., Зеленцов С. В., Кривошлыков К. М. Перспективы и резервы расширения производства масличных культур в Российской Федерации // *Масличные культуры*. 2015. Вып. 4 (164). С. 81–102.
3. Низова Г. К., Калугина А. Ф. Сравнительная характеристика рыжика по количеству и качеству масла // *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 1999. Т. 156. С. 116.
4. Филатова О. И., Лупова Е. И., Виноградов Д. В. Масличные культуры в Рязанской области // *Сборник материалов конференции «Интеграция научных исследований в решении региональных экологических и природоохранных проблем, актуальные вопросы производства, хранения и переработки сельскохозяйственной продукции»*. Рязань, Рязанский государственный агротехнологический университет им. П. А. Костычева, 2018. С. 104–108.
5. Виноградов Д. В., Кунцевич А. А., Поляков А. В. Жирнокислотный состав семян льна масличного сорта Санлин // *Международный технико-экономический журнал*. 2012. № 3. С. 71–75.
6. Ермаков А. И., Арасимович Н. П., Ярош В. В. Методы биохимического исследования растений. Л.: Агропромиздат, 1987. 430 с.
7. Prakhova T. Ya., Prakhov V. A., Danilov M. V. Changes in the fat-acidic composition of *Camelina sativa* oilseeds depending on hydrothermal conditions // *Russian Agricultural Sciences*. 2018. Vol. 44. No. 3. P. 221–223. DOI: 10.3103/S1068367418030126.
8. Mohammad B. T., Al-Shannag M., Alnaief M., Singh L., Singaas E., Alkasrawi M. Production of multiple biofuels from whole *Camelina* material: a renewable energy crop // *BioResources*. 2018. Vol. 13. No. 3. P. 4870–4883. DOI: 10.15376/biores.13.34870-4883.
9. Уханова Ю. В., Воскресенский А. А., Уханов А. П. Сравнительная оценка свойств растительных масел, используемых в качестве биодобавки к нефтяному дизельному топливу // *Нива Поволжья*. 2017. № 2 (43). С. 98–105.
10. Hoseini S. S., Najafi G., Ghobadian B., Ebadi M. T., Mamat R., Yusaf T. Biodiesels from three feedstock: The effect of graphene oxide (GO) nanoparticles diesel engine parameters fuelled with biodiesel *Renewable Energy*. 2020. No. 145. P. 190–201. DOI: 10.1016/j.renene.2019.06.020.
11. Турина Е. Л., Ростова Е. Н. Возможность возделывания масличных культур семейства Brassicaceae в Крыму для использования в качестве возобновляемых источников энергии // *Сборник*

трудов Международной конференции «Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2019». Севастополь. ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», 2019. С. 1642–1646.

12. Турина Е. Л. Значение и культивирование *Camelina* sp. в различных регионах мира (обзор) // Таврический вестник аграрной науки. 2019. № 3 (19). С. 133–151. DOI: 10.33952/2542-0720-2019-3-19-133-151.

13. Виноградов Д. В., Мажайский Ю. А., Евтишина Е. В., Лупова Е. И. Приемы повышения продуктивности рыжика посевного (*Camelina sativa* (L.) Crantz) в условиях нечерноземной зоны России // Российская сельскохозяйственная наука. 2019. № 4. С. 18–21. DOI: 10.31857/S2500-26272019418-21.

14. Jouzani G. S., Sharafi R., Soheilvand S. Fueling the future; plant genetic engineering for sustainable biodiesel production // Biofuel Research Journal. 2018. Vol. 5. No. 10. P. 829–845. DOI: 10.18331/BRJ2018.5.3.3.

15. Yara-Varón E., Li Y., Balcells M., Canela-Garayoa R., Fabiano-Tixier A., Chemat F. Vegetable oils as alternative solvents for green oleo-extraction, purification and formulation of Food and Natural Products // Molecules. 2017. Vol. 22(9). DOI: 10.3390/molecules22091474.

16. Кирейчев В. В. Продуктивность озимого и ярового рыжика в зависимости от основных элементов технологии возделывания на черноземах Саратовского Правобережья: Автореф. дисс. канд. с.-х. н. Саратов: СГАУ им. Н.И. Вавилова, 2007. 21 с.

17. Прахова Т. Я., Смирнов А. А., Прахов В. А., Турина Е. Л., Кулинич Р. А. Продуктивность рыжика озимого в зависимости от сроков сева в разных климатических регионах // Труды Кубанского Государственного аграрного университета. 2017. № 66. С. 203–207. DOI: 10.21515/1999-1703-66-203-207.

18. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

References

1. Araujo B. R., Romao L. P. C., Doumer M. E., Mangrich A. S. Evaluation of the interactions between chitosan and humics in media for the controlled release of nitrogen fertilizer // Journal of Environmental Management. 2017. Vol. 190. P. 122–131. DOI: 10.1016/j.jenvman.2016.12.059.

2. Lukomets V. M., Zelentsov S. V., Krivoshlykov K. M. Outlook and reserves the expansion oil crops production in the Russian Federation // Oil Crops. Scientific and technical bulletin of All-Russia Research Institute of Oil Crops by the name of Pustovoi V. S. 2015. Iss. 4 (164). P. 81–102.

3. Nizova G. K., Kalugina A. F. Comparative characteristics of camelina in quantity and quality of oil // Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding. 1999. Vol. 156. P. 116.

4. Filatova O. I., Lupova Ye. I., Vinogradov D. V. Oilseeds in the Ryazan region // Proceedings of Conference “Integration of scientific research in solving regional nature and environment-related issues, topical issues of production, storage and processing of agricultural products”. Ryazan: Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev, 2018. P. 104–108.

5. Vinogradov D. V., Kuntsevich A. A., Polyakov A. V. Fatty-acid composition of oil flax seed (‘Sanlin’ kind) // International Technical and Economic Journal. 2012. No. 3. P. 71–75.

6. Ermakov A. I., Arasimovich N. P., Yarosh V. V. Methods of biochemical research of plants. Leningrad: Agropromizdat, 1987. 430 p.

7. Prakhova T. Ya., Prakhov V. A., Danilov M. V. Changes in the fat-acidic composition of *Camelina sativa* oilseeds depending on hydrothermal conditions // Russian Agricultural Sciences. 2018. Vol. 44. No. 3. P. 221–223. DOI: 10.3103/S1068367418030126.

8. Mohammad B. T., Al-Shannag M., Alnaief M., Singh L., Singaas E., Alkasrawi M. Production of multiple biofuels from whole *Camelina* material: a renewable energy crop // BioResources. 2018. Vol. 13. No. 3. P. 4870–4883. DOI: 10.15376/biores.13.3.4870-4883.

9. Ukhanova Yu. V., Voskresenskiy A. A., Ukhanov A. P. Comparative evaluation of the properties of vegetable oils used as bio additives to petroleum diesel fuel // Volga Region Farmland. 2017. No. 2 (43). P. 98–105.

10. Hoseini S. S., Najafi G., Ghobadian B., Ebadi M. T., Mamat R., Yusaf T. Biodiesels from three feedstock: the effect of graphene oxide (GO) nanoparticles diesel engine parameters fuelled with biodiesel // Renewable Energy. 2020. No. 145. P. 190–201. DOI: 10.1016/j.renene.2019.06.020.

11. Turina E. L., Rostova E. N. Possibility of cultivation oil crops in the family Brassicaceae in the Crimea as a source of the renewable energy // Collection of articles on the materials of the international scientific and practical conference “Environmental, Industrial and Energy Security - 2019”. Sevastopol, Sevastopol State University (SevSU). 2019. P. 1642–1646.

12. Turina E. L. Cultivation and practical importance of *Camelina* sp. around the world (review) // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2019. No. 3 (19). P. 133–151. DOI: 10.33952/2542-0720-2019-3-19-133-151.

13. Vinogradov D. V., Mazhaysky Yu. A., Evtishina E. V., Lupova E. I. Methods of increasing of false flax productivity (*Camelina sativa* (L.) Crantz) in the conditions of the Non-black soil region of Russia // Rossiiskaia selskokhoziaistvennaia nauka. 2019. No. 4. P. 18–21. DOI: 10.31857/S2500-26272019418-21.
14. Jozani G. S., Sharafi R., Soheilvand S. Fueling the future; plant genetic engineering for sustainable biodiesel production // Biofuel Research Journal. 2018. Vol. 5. No. 10. P. 829–845. DOI: 10.18331/BRJ2018.5.3.3.
15. Yara-Varón E., Li Y., Balcells M., Canela-Garayoa R., Fabiano-Tixier A., Chemat F. Vegetable oils as alternative solvents for green oleo-extraction, purification and formulation of food and natural products // Molecules. 2017. Vol. 22 (9). DOI: 10.3390/molecules22091474. [Electronic resource]. Access point: <https://www.mdpi.com/1420-3049/22/9/1474/htm> (reference's date 22.09.2020).
16. Kireychev V. V. Productivity of winter and spring camelina depending on the main elements of cultivation technology on chernozems of the Saratov Right Bank zone: Authors' abstract ... Cand. Sc. (Agr.) Saratov: Saratov State Vavilov Agrarian University, 2007. 21 p.
17. Prakhova T. Ya., Smirnov A. A., Prakhov V. A., Turina E. L., Kulinich R. A. Productivity of winter ginger depending on the time of sowing in different climatic regions // Proceedings of the Kuban State agrarian University. 2017. No. 66. P. 203-207. DOI: 10.215/1999-1703-66-203-207.
18. Dospikhov B. A. Methods of the field research with the basics of statistical processing of research results. Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p.

UDC 633.85:631.526.32

Prakhova T. Ya., Turina E. L., Prakhov V. A.

FATTY-ACID COMPOSITION OF WINTER CAMELINA DEPENDING ON THE REGION OF CULTIVATION

Summary. *Camelina sylvestris* (L.) Crantz. is a valuable oilseed known due to the vegetable oil used in human nutrition and industrial production. The current research is aimed to assess the content of fatty acids in *Camelina sylvestris* oilseeds depending on the hydrothermal cultivation conditions. Seeds of winter camelina variety 'Penzyak' grown in the Penza region and steppe Crimea in 2017–2019 served as the object of the research. In 2017, arid conditions were recorded in the Crimea, Selyaninov Hydrothermal Coefficient (HTC) = 0.61. In the Penza region, on the contrary, the level of moisture in 2017 was moderate, HTC = 1.10. Weather conditions in 2019 were characterized as arid in both regions; HTC was 0.63 and 0.60. In 2018, in the Crimea and Penza, HTC was 0.23 and 0.45, respectively. The soils of the experimental plots – chernozems leached (Penza) and southern low-humic (Crimea). Fatty acid methyl esters were isolated and analyzed according to GOST R 51 486–99. The concentration of oleic and linoleic acids increased in seeds grown in the Crimea and amounted to 15.50–18.56 % and 18.08–19.58 %. In the colder region (Penza), the content of these acids decreased to 11.90–14.82 and 16.12–17.10 %, respectively. The highest content of linolenic acid was in oilseeds from the Penza region and amounted to 36.80–38.50 %, which was 4.94–6.40 % higher than the content of linolenic acid in oilseeds from the Crimea. The content of erucic acid in the *Camelina sylvestris* (L.) Crantz. from both regions was 2.81–2.94 %. The coefficient of variation of this acid was 1.59 %. Linolenic and oleic acids are the most susceptible to changes in cultivation conditions, coefficient of variation – 10.08 and 16.32 %, respectively. The total content of polyunsaturated fatty acids was high and averaged 52.4–54.6 %. The highest concentration was noted in oilseeds from Penza, which exceeded that of from the Crimea by 2.2 %. The content of ω -9 fatty acids ranged from 33.7 % (Penza) to 35.9 % (Crimea) and was characterized by a low coefficient of variation – 4.14 %. The range of variation of ω -3 and ω -6 acid, on average, was 6.32–7.81 %. Their content was 31.5 and 20.9 % in oilseeds from the Crimea and 35.5 and 19.1 % in oilseeds from Penza. The ratio between omega-6 and omega-3 acids is 1.8:1.

Keywords: winter camelina (*Camelina sylvestris* (L.) Crantz.), fatty-acid composition, region of cultivation, linolenic acid, linoleic acid, erucic acid, oleic acid.

Прахова Татьяна Яковлевна, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник лаборатории селекционных технологий, ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур»; 442731, Россия, Пензенская область, п. Лунино, ул. Мичурина, 1б; e-mail: prakhova.tanyaf@yandex.ru.

Турина Елена Леонидовна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник лаборатории исследования технологических приемов в животноводстве и растениеводстве ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295493, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: schigortsovaelena@rambler.ru.

Прахов Владимир Александрович, инженер-исследователь 1 категории лаборатории селекционных технологий, ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур»; 442731, Россия, Пензенская область, п. Лунино, ул. Мичурина, 1 б; e-mail: prakhova.tanya@yandex.ru.

Prakhova Tatyana Yakovlevna, Dr. Sc. (Agr.), chief researcher of the Laboratory of breeding technologies, FSBSI “Federal Research Center of Fibre Crops”; 1b, Michurina str., vill. Lunino, Penza district, 442731, Russia; e-mail: pakhova.tanya@yandex.ru.

Turina Elena Leonidovna, Cand. Sc. (Agr.), senior researcher, leading researcher of the Laboratory of technological methods in animal husbandry and crop production research, FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”; 150, Kievskaya str., Simferopol, 295493, Russia; e-mail: schigortsovaelena@rambler.ru.

Prakhov Vladimir Aleksandrovich, engineer-researcher of the 1st category of the Laboratory of breeding technologies, FSBSI “Federal Research Center of Fibre Crops”; 1b, Michurina str., vill. Lunino, Penza district, 442731, Russia; e-mail: pakhova.tanya@yandex.ru.

Дата поступления в редакцию – 25.09.2020.

Дата принятия к печати – 21.10.2020.