



*Уважаемые читатели журнала, коллеги!*

*Канун Нового года - это традиционно время подведения итогов уходящего года, планов и надежд на будущее.*

*Редакция журнала «Технические культуры. Научный сельскохозяйственный журнал» поздравляет Вас с наступающим Новым 2024 годом и Рождеством Христовым!*

*Мы благодарим Вас за доброе отношение, взаимопонимание и радость общения!*

*Пусть наступающий год принесет стабильность и благополучие, новые радостные события, реализацию желаний и планов, а в вашем окружении пусть будут только добрые, умные и честные люди.*

*Пусть в Ваших семьях царят мир и гармония!*

*Примите самые наилучшие пожелания удачи, успехов и продвижения в Вашей творческой работе!*

*Надеемся на дальнейшее плодотворное и взаимовыгодное сотрудничество в наступающем году!*

*Главный редактор*

*Р.А. Ростовцев*

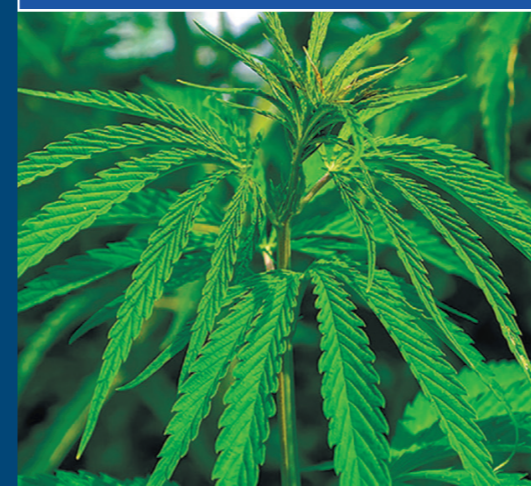
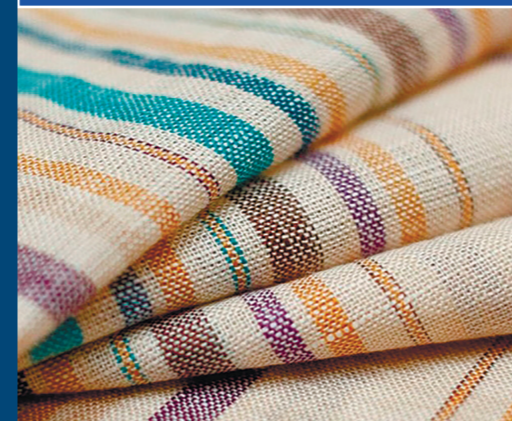


ISSN 2782-2915

TECHNICAL CROPS.  
SCIENTIFIC AGRICULTURAL JOURNAL

16+

**№4(3)**  
**2023**



**ТЕХНИЧЕСКИЕ  
КУЛЬТУРЫ**

**НАУЧНЫЙ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ**



# ТЕХНИЧЕСКИЕ КУЛЬТУРЫ

## НАУЧНЫЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

Учредитель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
«Федеральный научный центр лубяных культур»

НАУЧНЫЙ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЙ  
ЖУРНАЛ

ISSN 2782-2915

Журнал зарегистрирован  
Федеральной службой  
по надзору в сфере связи,  
информационных технологий  
и массовых коммуникаций  
(РОСКОМНАДЗОР)

Свидетельство  
ПИ № ФС77-82351  
от 23 ноября 2021 г.

Журнал включен  
в Российский индекс научного  
цитирования (РИНЦ)

Результаты статей размещены  
на сайте электронной научной  
библиотеки: <https://elibrary.ru>  
Сайт: <https://technicalcrops.ru>

Охраняется законом РФ  
№ 5351-1 «Об авторском праве  
и смежных правах»  
от 9 июля 1993 года

Над номером работали:  
И.А. Флиманкова  
М.В. Алейник  
М.В. Красильникова

Адрес редакции:  
214025, Российская Федерация,  
г. Смоленск, ул. Нахимова, д. 21  
телефоны:  
8(4812)41-61-10 (доб. 112),  
8(4812)65-55-03  
e-mail: [tcpaper@mail.ru](mailto:tcpaper@mail.ru)

© ФГБНУ «Федеральный  
научный центр лубяных культур»

Дата выхода в свет: 27.12.2023.  
Подписной индекс: ВН018712  
в каталоге Агентства «Урал-Пресс  
Округ». Тираж: 500 экз.  
Свободная цена  
Адрес издателя: 214025, г. Смоленск,  
ул. Н.-Неман, 31/216

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

**Ростовцев Р.А.**

доктор технических наук, член-корреспондент РАН

ЗАМ. ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

**Ущатовский И.В.**

кандидат биологических наук, доцент

ЗАМ. ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

**Кольцов Д.Н.**

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

ОТВЕТСТВЕННЫЙ СЕКРЕТАРЬ

**Гаврилова А.Ю.**

кандидат биологических наук

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

**Голуб И.А.**

доктор сельскохозяйственных наук, профессор,  
академик НАН Беларуси

**Лачуга Ю.Ф.**

доктор технических наук, профессор, академик РАН

**Лобачевский Я.П.**

доктор технических наук, профессор, академик РАН

**Никифоров А.Г.**

доктор технических наук

**Осепчук Д.В.**

доктор сельскохозяйственных наук

**Прахова Т.Я.**

доктор сельскохозяйственных наук

**Ратошный А.Н.**

доктор сельскохозяйственных наук, профессор

**Рожмина Т.А.**

доктор биологических наук

**Романова И.Н.**

доктор сельскохозяйственных наук, профессор

**Самсонова Н.Е.**

доктор сельскохозяйственных наук, профессор

**Серков В.А.**

доктор сельскохозяйственных наук

**Сорокина О.Ю.**

доктор сельскохозяйственных наук, профессор

**Тимошкин О.А.**

доктор сельскохозяйственных наук, доцент

**Черников В.Г.**

доктор технических наук, профессор,  
член-корреспондент РАН

**Шардан С.К.**

доктор экономических наук, доцент



## СОДЕРЖАНИЕ

### СЕЛЕКЦИЯ, СЕМЕНОВОДСТВО И АГРОНОМИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ И СЕВООБОРОТНЫХ КУЛЬТУР

3

**Т. А. Базанов, И. В. Ушаповский,  
Н. Н. Логинова, Е. В. Смирнова, П. Д. Михайлова**  
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ SSR-МАРКЕРОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ  
ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ОДНОРОДНОСТИ СОРТОВ ТЕХНИЧЕСКИХ  
И МАСЛИЧНЫХ КУЛЬТУР

17

**В. Н. Бражников**  
ПРОДУКТИВНОСТЬ И ЖИРНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ МАСЛА  
ЛЬНА МАСЛИЧНОГО СОРТА ЕРМАК В ЗАВИСИМОСТИ  
ОТ УСЛОВИЙ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ

30

**В. П. Понажев, Н. В. Пролётова**  
СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СЕЛЕКЦИИ  
И СЕМЕНОВОДСТВА ЛЬНА-ДОЛГУНЦА В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

39

**Т. Я. Прахова, Е. А. Шепелёва**  
АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОРТОВ РЫЖИКА ОЗИМОГО  
В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

48

**А. А. Пузик**  
ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ БИОПРЕПАРАТА  
ПРОБАКТИЛ ПРИ СИЛОСОВАНИИ ЗЛАКОВО-БОБОВЫХ СМЕСЕЙ

### ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА И ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ, ПЕРВИЧНАЯ И ГЛУБОКАЯ ПЕРЕРАБОТКА РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

54

**И. Л. Абрамов**  
МАШИНА С МИКРОКОНТРОЛЛЕРНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ  
ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЗРЫВНОЙ НАГРУЗКИ НАТУРАЛЬНЫХ ВОЛОКОН

62

**Е. М. Пучков, Г. А. Перов, С. В. Соловьёв, Д. А. Шишин**  
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СУШКИ СЕМЯН  
МЕЛКОСЕМЕННЫХ КУЛЬТУР И КОНСТРУКЦИЯ  
СУШИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

### АГРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА И ИХ РЕШЕНИЯ

71

**С. А. Русанова, Д. Н. Кольцов**  
МОНИТОРИНГ АЛЛЕЛЕЙ ГЕНЕТИЧЕСКИХ МАРКЕРОВ  
В ПРОЦЕССЕ СЕЛЕКЦИИ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА  
БУРОЙ ШВИЦКОЙ ПОРОДЫ

78

СЕЛЕКЦИОННО-СЕМЕНОВОДЧЕСКИЙ ЦЕНТР ПО ЛУБЯНЫМ КУЛЬТУРАМ

79

ЮБИЛЕЙ УЧЕНОГО: ТАМАРЕ АНДРЕЕВНЕ РЫСЕВОЙ 80 ЛЕТ

## ПРОДУКТИВНОСТЬ И ЖИРНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ МАСЛА ЛЬНА МАСЛИЧНОГО СОРТА ЕРМАК В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСЛОВИЙ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ

© 2023. В. Н. Бражников

ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур»,  
г. Тверь, Российская Федерация

Лён — одно из ценнейших сельскохозяйственных растений. По биологической ценности льняное масло занимает одно из первых мест среди других пищевых растительных масел. Различное соотношение жирных кислот позволяет использовать его на пищевые и технические цели. Цель исследований — изучить влияние гидротермических условий на урожайность, содержание и жирнокислотный состав масла семян льна масличного сорта Ермак, а также проанализировать связь биохимического состава масла с гидротермическими показателями основных фаз органогенеза. Эксперименты выполняли в ФГБНУ «Пензенский НИИСХ» в 2013–2017 гг. Материалом для исследования служил сорт Ермак, имеющий измененный ЖКС (жирнокислотный состав) масла. Работу выполняли согласно «Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур». Идентификацию и определение содержания высокомолекулярных жирных кислот выполняли методом газожидкостной хроматографии на хроматографе «Кристалл 5000.1». Коэффициенты корреляции между урожайностью, масличностью семян, содержанием сырого протеина и гидротермическими условиями в отдельные межфазные периоды роста и развития льна варьировали в пределах  $r = -0,94$ – $0,93$ . Определены жирные кислоты, содержание которых слабо изменялось в зависимости от метеоусловий: лигноцереновая кислота —  $0,118\%$  ( $C_v = 1,6\%$ ), маргаринолеиновая —  $0,040\%$  ( $C_v = 4,8\%$ ), пальмитиновая —  $5,506\%$  ( $C_v = 5,9\%$ ), линолевая кислота —  $39,971\%$  ( $C_v = 5,4\%$ ), маргариновая —  $0,060\%$  ( $C_v = 7,4\%$ ), эйкозодиеновая —  $0,043\%$  ( $C_v = 8,2\%$ ) и стеариновая —  $3,742\%$  ( $C_v = 8,3\%$ ). Установлена зависимость содержания жирных кислот как между собой ( $r = -0,91$ – $0,88$ ), так и их сопряжение с гидротермическими условиями ( $r = -0,94$ – $0,91$ ). Наибольшее влияние на ЖКС масла (качество) оказали гидротермические условия периодов бутонизация—цветение и цветение—созревание (среднесуточная температура и сумма активных температур). Требуемый ЖКС масла получен во все годы исследований, что обусловлено геномом сорта Ермак. Создана математическая модель сорта. Установленные зависимости следует учитывать в селекционной работе, направленной на создание новых сортов льна масличного, а также в производстве для прогнозирования не только урожайности, но и масличности семян и ЖКС масла.

**Ключевые слова:** лён масличный, урожайность, масличность, жирнокислотный состав масла.

**Благодарности:** работа выполнена при поддержке Минобрнауки России в рамках Государственного задания Федерального научного центра лубяных культур (№ FGSS-2022-0008). Выражаем благодарность Бражниковой Ольге Фёдоровне, кандидату сельскохозяйственных наук, лаборанту-исследователю лаборатории селекционных технологий ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур».

**Для цитирования:** Бражников В.Н. Продуктивность и жирнокислотный состав масла льна масличного сорта Ермак в зависимости от условий возделывания. Технические культуры. Научный сельскохозяйственный журнал. 2023; 4(3):(17-29). DOI: 10.54016/SVITOK.2023.29.77.002.

Поступила: 21.11.2023 Принята к публикации: 05.12.2023 Опубликована: 27.12.2023

## PRODUCTIVITY AND FATTY ACID COMPOSITION OF FLAX OIL OF THE ERMAK OILSEED VARIETY DEPENDING ON CULTIVATION CONDITIONS

© 2023. V. N. Brazhnikov

Federal Research Center for Bast Fiber Crops  
Tver, Russian Federation

*Flax is one of the most valuable agricultural plants. In terms of biological value, flaxseed oil is one of the first among other edible vegetable oils. The different ratio of fatty acids allows it to be used for food and technical purposes. The aim of the research is to study the effect of hydrothermal conditions on the yield, content and fatty acid composition of the oil of flax seeds of the oilseed variety Ermak, and also to analyze the relationship between the biochemical composition of the oil and the hydrothermal indicators of the main phases of organogenesis. The experiments were carried out at the separate division of the Penza Research Institute of Agriculture Federal Research Center for Bast Fiber Crops in 2013–2017. The material for the study was the Ermak variety, which has a modified FS (fatty acid composition) of the oil. The work was carried out according to the "Methodology for state variety testing of agricultural crops." The identification and determination of the content of high molecular weight fatty acids was performed by gas-liquid chromatography on a Kristall 5000.1 chromatograph. The correlation coefficients between the yield, seed oil content, crude protein content, and hydrothermal conditions in individual interfacial periods of flax growth and development varied within  $r = -0.94$ – $0.93$ . Fatty acids were determined, the content of which slightly changed depending on meteorological conditions: lignoceric acid - 0.118% (CV = 1.6%), margaric acid - 0.040% (CV = 4.8%), palmitic acid - 5.506% (CV = 5.9%), linoleic acid - 39.971% (CV = 5.4%), margaric acid - 0.060% (CV = 7.4%), eicosadienic acid - 0.043% (CV = 8.2%) and stearic acid - 3.742% (CV = 8.3%). The dependence of the content of fatty acids both among themselves ( $r = -0.91$ – $0.88$ ) and their conjugation with hydrothermal conditions ( $r = -0.94$ – $0.91$ ) was established. The hydrothermal conditions of the budding – flowering and flowering – ripening periods (average daily temperature and the sum of active temperatures) had the greatest influence on the FS of the oil (quality). The oil required by the GSS was obtained in all the years of research, which is due to the genome of the Ermak variety. A mathematical model of the variety has been created. The established dependencies should be taken into account in breeding work aimed at creating new varieties of oil flax, as well as in production to predict not only the yield, but the oil content of seeds and the FS of oil.*

**Keywords:** oil flax, yield, oil content, fatty acid composition of oil.

**Acknowledgments:** The work was supported by the Russian Ministry of Education and Science under the State Assignment of the Federal State Budgetary Research Institution «Federal Research Center for Bast Fiber Crops» (No. FGSS-2022-0008). We express our gratitude to Olga Fedorovna Brazhnikova, Candidate of Agricultural Sciences, laboratory assistant-researcher of the Laboratory of breeding technologies Federal Research Center for Bast Fiber Crops.

**For citation:** Brazhnikov V.N. Productivity and fatty acid composition of flax oil of the Ermak oilseed variety depending on cultivation conditions. Technical crops. Scientific Agricultural journal. 2023; 4(3):(17-29). DOI: 10.54016/SVITOK.2023.29.77.002.

Received: 21.11.2023 Accepted for publication: 05.12.2023 Published: 27.12.2023

**В**ведение. Лён масличный (*Linum usitatissimum* L.) – одна из наиболее востребованных масличных культур в мире. Современная селекция направлена на создание высокопродуктивных сортов с оптимальными биохимическими характеристиками семян, необходимыми для пищевого и промышленного производства. Важнейшим показателем в селекции масличных культур является содержание масла в семенах – ос-

новного продукта, ради которого их возделывают [14]. По биологической ценности льняное масло занимает первое место среди других пищевых растительных масел [1, 2]. В последние годы научными организациями России, Австралии и Канады начаты работы по созданию сортов с изменённым жирнокислотным составом масла [15]. В ФГБНУ ФНЦ ЛК выведен сорт Ермак, значительно превосходящий по продуктивности райо-

нированные сорта. В 2019 г. он передан на Государственное сортоиспытание. С 2022 г. сорт включен в Государственный реестр, допущенных к использованию селекционных достижений. Особенностью сорта является изменённый жирнокислотный состав масла: содержание линолевой кислоты составляет 39,97%, линоленовой – 33,90%. Такое соотношение жирных кислот позволяет использовать масло для технических и пищевых целей. Сорт награжден золотой медалью выставки Агрорусь 2022 г.

Содержание и жирнокислотный состав масла – генетически закреплённые признаки. Тем не менее, метеоусловия региона выращивания могут оказывать влияние на накопление масла и его состав. Связь масличности с продолжительностью вегетационного периода более или менее постоянна [15]. Связь урожайности семян с их масличностью, а также продолжительностью вегетационного периода – модификационная (временная) [14]. Установлена положительная корреляция между продолжительностью всего периода вегетации, межфазного периода всходы – цветение и содержанием насыщенных кислот (пальмитиновой, стеариновой). Большее накопление линолевой кислоты отмечено у образцов с более продолжительным вегетационным периодом ( $r = 0,583$ ) [6]. Увеличению содержания линолевой и линоленовой кислот способствуют обильные осадки при температуре ниже 20°C. Сухая и жаркая погода способствует увеличению доли олеиновой кислоты [10]. Ее содержание отрицательно коррелирует с общей продолжительностью вегетационного периода ( $r = -0,622$ ), продолжительностью периода всходы – цветение ( $r = -0,517$ ) и цветение – созревание ( $r = -0,403$ ) [6]. На проявление масличности семян у сортов и гибридов льна большое влияние оказывают внешние условия, складывающиеся в период маслообразовательного процесса [3].

Ранее проведенные исследования использовали в качестве объектов сорта с традиционным ЖКС масла, кроме того, все они велись в совершенно иных почвенно-климатических условиях. Новый перспективный сорт льна масличного Ермак имеет изменен-

ный ЖКС масла, что делает исследования по влиянию агроклиматических условий на продуктивность и ЖКС масла весьма актуальными.

Цель исследований – изучить влияние гидротермических условий на урожайность, содержание и жирнокислотный состав масла семян льна масличного сорта Ермак, а также проанализировать связь биохимического состава масла с гидротермическими показателями основных фаз органогенеза.

**Методика исследований.** Работу выполняли в ФГБНУ «Пензенский НИИСХ» в 2013–2017 гг. Почва опытного участка – чернозём выщелоченный мощный тяжелосуглинистый со следующими агрохимическими характеристиками: содержание гумуса – 4,63%, легкогидролизуемых форм азота – среднее, подвижного фосфора – высокое, обменного калия – повышенное, кислотность согласно  $pH_{\text{вод}}$  – слабокислая, по  $pH_{\text{сол}}$  – среднекислая.

Материалом для исследования служил лён масличный сорта Ермак. При выполнении исследований использовали «Методические указания по изучению мировой коллекции масличных культур» [8], «Методику Госкомиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур» [7], «Методические указания по селекции льна-долгунца» [11], «Руководство по методам анализа качества и безопасности пищевых продуктов» [13].

Идентификацию и определение содержания высокомолекулярных жирных кислот (ВЖК) триацилглицеролов масла выполняли методом газожидкостной хроматографии по ГОСТ Р 51483–99 [4]. Разделение метиловых эфиров проводили на хроматографе «Кристалл 5000.1». Содержание масла в семенах льна определяли по методу Лебеяднца – Раушковского [12].

Статистическую обработку данных проводили методом дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову [5].

**Результаты и их обсуждение.** Метеорологические условия в годы исследований были разнообразны и достаточно полно отражали особенности лесостепной зоны Среднего Поволжья (табл. 1).

Таблица 1 – Гидротермические условия роста и развития льна по межфазным периодам (2013–2017 гг.)

| Показатель                             | Год  | Межфазный период |                 |                      |                        |                       | Вегетационный период |
|--|------|------------------|-----------------|----------------------|------------------------|-----------------------|----------------------|
|  |      | посев – всходы   | всходы – ёлочка | ёлочка – бутонизация | бутонизация – цветение | цветение – созревание |                      |
| Продолжительность, сут.                | 2013 | 8                | 6               | 33                   | 8                      | 53                    | 100                  |
|  | 2014 | 11               | 9               | 23                   | 9                      | 54                    | 95                   |
|  | 2015 | 5                | 8               | 22                   | 8                      | 54                    | 92                   |
|  | 2016 | 10               | 5               | 34                   | 8                      | 44                    | 91                   |
|  | 2017 | 9                | 7               | 30                   | 5                      | 60                    | 102                  |
| Среднесуточная температура воздуха, °С | 2013 | 18,5             | 16,3            | 18,7                 | 22,5                   | 18,6                  | 18,8                 |
|  | 2014 | 13,7             | 20,3            | 19,6                 | 14,7                   | 20,4                  | 19,6                 |
|  | 2015 | 13,1             | 18,0            | 21,4                 | 23,4                   | 20,6                  | 20,8                 |
|  | 2016 | 16,5             | 13,7            | 19,0                 | 20,9                   | 22,9                  | 20,8                 |
|  | 2017 | 13,2             | 12,3            | 17,4                 | 16,6                   | 20,3                  | 18,7                 |
| Сумма активных температур, °С          | 2013 | 148,1            | 98,0            | 617,6                | 179,7                  | 986,4                 | 1881,7               |
|  | 2014 | 151,1            | 183,1           | 449,9                | 132,2                  | 1099,0                | 1864,3               |
|  | 2015 | 65,7             | 143,6           | 470,4                | 187,4                  | 1110,0                | 1911,0               |
|  | 2016 | 164,8            | 68,5            | 645,7                | 167,0                  | 1009,5                | 1890,7               |
|  | 2017 | 118,8            | 86,2            | 522,7                | 82,8                   | 1219,0                | 1911,0               |
| Количество осадков, мм                 | 2013 | 1,0              | 35,3            | 69,6                 | 2,6                    | 128,8                 | 236,3                |
|  | 2014 | 8,3              | 1,7             | 13,2                 | 15,1                   | 61,9                  | 91,9                 |
|  | 2015 | 0,0              | 3,0             | 17,5                 | 48,4                   | 204,1                 | 273,0                |
|  | 2016 | 15,3             | 4,2             | 93,2                 | 22,1                   | 105,2                 | 224,7                |
|  | 2017 | 35,7             | 27,5            | 10,2                 | 5,5                    | 77,7                  | 120,9                |
| ГТК (по Селянинову)                    | 2013 | 0,07             | 3,60            | 1,13                 | 0,14                   | 1,31                  | 1,26                 |
|  | 2014 | 0,55             | 0,09            | 0,29                 | 1,14                   | 0,56                  | 0,95                 |
|  | 2015 | 0,00             | 0,21            | 0,37                 | 2,58                   | 1,84                  | 1,43                 |
|  | 2016 | 0,93             | 0,61            | 1,44                 | 1,32                   | 1,04                  | 1,19                 |
|  | 2017 | 3,01             | 3,19            | 0,20                 | 0,66                   | 0,64                  | 0,63                 |

Посев льна осуществляли в 2013 г. – 14 мая, 2014 г. – 4 мая, 2015 г. – 13 мая, 2016 г. – 6 мая, 2017 г. – 18 мая. В целом, вегетация растений в условиях 2013 г. проходила в условиях обеспеченного увлажнения (ГТК = 1,26); в 2014 г. условия характеризовались как засушливые (ГТК = 0,95); в 2015 г. отмечали избыточное увлажнение (ГТК = 1,43); в 2016 г. – обеспеченное увлажнение (ГТК = 1,19); в 2017 г. наблюдали недостаток осадков (ГТК = 0,63). Продолжительность вегетационного периода варьировала от 91 дня в 2016 г. до 102 дней в 2017 г. Наименьшая сумма активных температур отмечена в 2014 г. (1864,3°С), наибольшая – в 2015 и 2017 гг. (1911,0°С). Самым сухим

выдался 2014 г. – всего за вегетацию выпало 91,9 мм осадков, больше всего их было в 2015 г. – 273,0 мм. Все это оказало значительное влияние на рост, развитие и продуктивность льна.

В результате исследований установлено, что урожайность семян зависела от гидротермических условий. Среднее значение составило 1,71 т/га при величине коэффициента вариации ( $C_v=20,0\%$ ), что говорит о средней стабильности признака. Большая урожайность семян (2,20 т/га) получена в условиях избыточного увлажнения 2015 г., меньшее значение данного показателя (1,44 т/га) определено в более засушливом 2017 г. (табл. 2).

**Таблица 2 – Содержание основных жирных кислот в семенах льна масличного сорта Ермак**

| Показатель                                 | Содержание, % |         |         |         |         |         | C <sub>v</sub> , % | НСР <sub>05</sub>  |
|--|---------------|---------|---------|---------|---------|---------|--------------------|--|
|  | 2013 г.       | 2014 г. | 2015 г. | 2016 г. | 2017 г. | среднее |                    |  |
| Миристиновая кислота (С 14:0)              | 0,036         | 0,038   | 0,035   | 0,045   | 0,041   | 0,039   | 10,4               |  |
| Пентодекановая кислота (С 15:0)            | 0,016         | 0,015   | 0,015   | 0,018   | 0,020   | 0,017   | 12,9               |  |
| Пальмитиновая кислота (С 16:0)             | 5,299         | 5,561   | 5,082   | 5,930   | 5,659   | 5,506   | 5,9                |  |
| Пальмитолеиновая кислота (С 16:1)          | 0,069         | 0,074   | 0,055   | 0,094   | 0,083   | 0,075   | 19,6               |  |
| Маргариновая кислота (С 17:0)              | 0,062         | 0,055   | 0,059   | 0,059   | 0,067   | 0,060   | 7,4                |  |
| Маргаринолеиновая кислота (С 17:1)         | 0,039         | 0,041   | 0,043   | 0,038   | 0,041   | 0,040   | 4,8                |  |
| Стеариновая кислота (С 18:0)               | 3,455         | 4,012   | 3,359   | 3,983   | 3,901   | 3,742   | 8,3                |  |
| Олеиновая кислота (С 18:1)                 | 14,624        | 15,220  | 15,353  | 15,653  | 19,334  | 16,037  | 11,7               |  |
| Линолевая кислота (С 18:2)                 | 36,667        | 39,076  | 40,699  | 41,601  | 41,812  | 39,971  | 5,4                |  |
| -линоленовая кислота (С 18:3)              | 0,015         | 0,015   | 0,016   | 0,021   | 0,018   | 0,017   | 15,0               |  |
| -линоленовая кислота (С 18:3)              | 39,197        | 35,336  | 34,701  | 31,965  | 28,315  | 33,903  | 12,0               |  |
| Арахидиновая кислота (С 20:0)              | 0,098         | 0,111   | 0,101   | 0,115   | 0,122   | 0,109   | 9,1                |  |
| Эйкозеновая (Гондоиновая) кислота (С 20:1) | 0,127         | 0,118   | 0,157   | 0,158   | 0,145   | 0,141   | 12,7               |  |
| Эйкозодиеновая кислота (С 20:2)            | 0,043         | 0,038   | 0,048   | 0,044   | 0,044   | 0,043   | 8,2                |  |
| Эйкозопентаеновая кислота (С 20:5)         | 0,000         | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | -                  |  |
| Арахидоновая кислота (С 20:4)              | 0,081         | 0,030   | 0,036   | 0,023   | 0,024   | 0,039   | 62,3               |  |
| Бегеновая кислота (С 22:0)                 | 0,105         | 0,126   | 0,096   | 0,136   | 0,121   | 0,117   | 13,8               |  |
| Эруковая кислота (С 22:1)                  | 0,000         | 0,018   | 0,000   | 0,000   | 0,022   | 0,008   | 138,1              |  |
| Докозагексаеновая кислота (С 22:6)         | 0,000         | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,014   | 0,003   | 223,6              |  |
| Лигноцериновая кислота (С 24:0)            | 0,116         | 0,118   | 0,119   | 0,117   | 0,121   | 0,118   | 1,6                |  |
| Нервоновая (Селахолевая) кислота (С 24:1)  | 0,000         | 0,000   | 0,026   | 0,000   | 0,022   | 0,010   | 137,7              |  |
| Урожайность семян, т/га                    | 1,49          | 1,94    | 2,20    | 1,48    | 1,44    | 1,71    | 20,0               | 2013-0,15<br>2014-0,14<br>2015-0,13<br>2016-0,12<br>2017-0,14<br>Ср-0,14 |



|                              |       |       |       |       |       |       |      |  |
|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|--|
| Урожайность льносоломы, т/га | 3,15  | 6,19  | 6,79  | 5,07  | 8,38  | 5,92  | 33,0 | 2013-0,27<br>2014-0,46<br>2015-0,24<br>2016-0,35<br>2017-0,87<br>Ср-0,44 |
| Масличность семян, %         | 45,02 | 44,45 | 44,71 | 45,32 | 43,67 | 44,63 | 1,4  |  |
| Сбор масла, кг/га            | 583,5 | 750,2 | 855,7 | 583,5 | 547,1 | 664,0 | 20,0 |  |
| Содержание протеина, %       | 22,88 | 24,26 | 27,51 | 23,78 | 27,01 | 25,09 | 8,2  |  |
| Сбор протеина, кг/га         | 296,6 | 409,5 | 526,4 | 306,2 | 338,4 | 375,4 | 25,4 |  |

Урожайность семян в большей степени зависела от суммы активных температур периода от посева до созревания ( $r=-0,72$ ), продолжительности, среднесуточной температуры воздуха, суммы активных температур и ГТК в период всходы–елочка, ( $r=0,75, 0,78, 0,81$  и  $-0,71$ ), продолжительности, среднесуточной температуры воздуха и суммы активных температур в период елочка–бутонизация ( $r=-0,94, 0,91$  и  $-0,77$ ), количества осадков и ГТК в период бутонизация–цветение ( $r=0,80, 0,81$ ) (табл. 3).

Уравнения регрессии будут выглядеть следующим образом:

$$Y=282,269-0,268 \times X+0,0000641 \times X^2$$

$$Y=11,190-0,644 \times X_1+0,0106 \times X_1^2$$

$$Y=8,654-0,926 \times X_2+0,0292 \times X_2^2$$

$$Y=13,299-0,040 \times X_3+0,0000338 \times X_3^2$$

$$Y=1,475-0,107 \times X_4+0,0193 \times X_4^2$$

$$Y=-0,034+0,135 \times X_5-0,00161 \times X_5^2$$

$$Y=0,0646+0,0230 \times X_6-0,0000676 \times X_6^2$$

$$Y=2,150-0,991 \times X_7+0,230 \times X_7^2$$

$$Y=1,483+0,00714 \times X_8+0,000150 \times X_8^2$$

$$Y=1,461+0,0672 \times X_9+0,0842 \times X_9^2$$

где:

Y—урожайность семян, т/га;

X—сумма активных температур межфазного периода посев – созревание, °С;

X<sub>1</sub>—продолжительность межфазного периода елочка–бутонизация, дней;

X<sub>2</sub>—средняя температура межфазного периода елочка–бутонизация, °С;

X<sub>3</sub>—сумма активных температур межфаз-

ного периода елочка–бутонизация, °С;

X<sub>4</sub>—продолжительность межфазного периода всходы–елочка, дней;

X<sub>5</sub>—средняя температура межфазного периода всходы–елочка, °С;

X<sub>6</sub>—сумма активных температур межфазного периода всходы– елочка, °С;

X<sub>7</sub>—ГТК межфазного периода всходы–елочка;

X<sub>8</sub>—количество осадков межфазного периода бутонизация–цветение, мм;

X<sub>9</sub>—ГТК межфазного периода бутонизация–цветение.

Решение данных уравнений путем подстановки указанных значений по мере прохождения фаз развития позволяет достаточно точно прогнозировать урожайность семян сорта Ермак не только в условиях конкретного года, но и, опираясь на долгосрочный метеопрогноз, предсказывать значения данного показателя в долгосрочной перспективе.

С урожайностью семян также сильно положительно сопряжены показатели сбор масла и сбор сырого протеина ( $r=1,00, 0,96$ ) (табл. 4). Показатель «масличность семян сорта Ермак» в среднем составил 44,63% при значении коэффициента вариации  $C_v=1,4\%$ , что свидетельствует о стабильности признака. Большая масличность (45,32%) определена в условиях обеспеченного увлажнения 2016 г., наименьшая (43,67%) – в сухом 2017 г. (табл. 2).

Таблица 3 – Матрица корреляции основных показателей сорта льна масличного Ермак с гидротермическими условиями вегетационного периода

| Показатель                         | Жирная кислота, % |             |           |           |               | Урожайность семян, т/га | Масличность, % | Сбор масла, кг/га | Содержание протеина в семенах, % | Сбор протеина, кг/га |
|------------------------------------|-------------------|-------------|-----------|-----------|---------------|-------------------------|----------------|-------------------|----------------------------------|----------------------|
|                                    | пальмитиновая     | стеариновая | олеиновая | линолевая | α-линоленовая |                         |                |                   |                                  |                      |
| Межфазный период посев–созревание  |                   |             |           |           |               |                         |                |                   |                                  |                      |
| Продолжительность, сут.            | 0,28              | 0,35        | 0,52      | -0,25     | -0,16         | -0,66                   | -0,58          | -0,69             | -0,22                            | -0,64                |
| Температура воздуха, °С            | -0,23             | -0,47       | -0,71     | -0,08     | 0,44          | 0,30                    | 0,89           | 0,35              | -0,21                            | 0,22                 |
| Сумма активных температур, °С      | 0,13              | -0,11       | -0,25     | -0,66     | 0,47          | -0,72*                  | 0,38           | -0,69             | -0,79                            | -0,82                |
| Количество осадков, мм             | -0,36             | -0,71*      | -0,34     | 0,01      | 0,24          | 0,07                    | 0,60           | 0,11              | 0,07                             | 0,13                 |
| ГТК (по Селянинову)                | -0,38             | -0,71*      | -0,32     | 0,07      | 0,20          | 0,15                    | 0,57           | 0,18              | 0,15                             | 0,21                 |
| Межфазный период всходы–созревание |                   |             |           |           |               |                         |                |                   |                                  |                      |
| Продолжительность, сут.            | -0,06             | -0,02       | 0,54      | -0,30     | -0,09         | -0,53                   | -0,64          | -0,57             | 0,01                             | -0,45                |
| Температура воздуха, °С            | 0,02              | -0,07       | -0,40     | 0,43      | -0,03         | 0,52                    | 0,57           | 0,55              | 0,16                             | 0,50                 |
| Сумма активных температур, °С      | -0,19             | -0,37       | 0,58      | 0,62      | -0,56         | 0,01                    | -0,33          | 0,00              | 0,79                             | 0,28                 |
| Количество осадков, мм             | -0,45             | -0,76*      | -0,48     | -0,11     | 0,38          | 0,17                    | 0,67           | 0,22              | 0,00                             | 0,19                 |
| ГТК (по Селянинову)                | -0,53             | -0,69       | -0,82*    | -0,33     | 0,66          | 0,47                    | 0,80*          | 0,52              | -0,18                            | 0,37                 |
| Межфазный период посев–всходы      |                   |             |           |           |               |                         |                |                   |                                  |                      |
| Продолжительность, сут.            | 0,81*             | 0,91*       | 0,12      | 0,01      | -0,20         | -0,48                   | -0,06          | -0,49             | -0,55                            | -0,60                |
| Температура воздуха, °С            | 0,12              | -0,19       | -0,50     | -0,62     | 0,57          | -0,57                   | 0,69           | -0,52             | -0,85                            | -0,70                |
| Сумма активных температур, °С      | 0,73*             | 0,65        | -0,17     | -0,26     | 0,11          | -0,66                   | 0,33           | -0,64             | -0,86                            | -0,82                |
| Количество осадков, мм             | 0,64              | 0,62        | 0,94*     | 0,64      | -0,90         | -0,58                   | -0,68          | -0,61             | 0,33                             | -0,39                |
| ГТК (по Селянинову)                | 0,54              | 0,54        | 0,97*     | 0,60      | -0,87         | -0,54                   | -0,75          | -0,59             | 0,39                             | -0,35                |
| Межфазный период всходы–елочка     |                   |             |           |           |               |                         |                |                   |                                  |                      |
| Продолжительность, сут.            | -0,46             | -0,02       | -0,01     | -0,08     | 0,09          | 0,75*                   | -0,51          | 0,72              | 0,43                             | 0,72                 |

|                                       |        |        |        |       |        |        |        |       |       |       |
|---------------------------------------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|
| Температура воздуха, °С               | -0,53  | -0,21  | -0,69  | -0,51 | 0,66   | 0,78*  | 0,18   | 0,79  | -0,13 | 0,59  |
| Сумма активных температур, °С         | -0,47  | -0,06  | -0,36  | -0,28 | 0,37   | 0,81*  | -0,18  | 0,80  | 0,15  | 0,69  |
| Количество осадков, мм                | -0,12  | -0,28  | 0,30   | -0,43 | 0,12   | -0,66  | -0,26  | -0,67 | -0,19 | -0,59 |
| ГТК (по Селянинову)                   | -0,04  | -0,20  | 0,39   | -0,34 | 0,01   | -0,71* | -0,30  | -0,73 | -0,16 | -0,63 |
| Межфазный период елочка–бутонизация   |        |        |        |       |        |        |        |       |       |       |
| Продолжительность, сут.               | 0,52   | 0,16   | 0,14   | -0,10 | -0,07  | -0,94* | 0,29   | -0,92 | -0,55 | -0,93 |
| Температура воздуха, °С               | -0,61  | -0,51  | -0,64  | -0,06 | 0,43   | 0,91*  | 0,41   | 0,93  | 0,24  | 0,84  |
| Сумма активных температур, °С         | 0,44   | 0,03   | -0,13  | -0,12 | 0,08   | -0,77* | 0,59   | -0,73 | -0,61 | -0,79 |
| Количество осадков, мм                | 0,40   | 0,02   | -0,43  | -0,18 | 0,26   | -0,54  | 0,83*  | -0,48 | -0,72 | -0,63 |
| ГТК (по Селянинову)                   | 0,36   | -0,01  | -0,47  | -0,21 | 0,31   | -0,50  | 0,85*  | -0,45 | -0,73 | -0,61 |
| Межфазный период бутонизация–цветение |        |        |        |       |        |        |        |       |       |       |
| Продолжительность, сут.               | -0,20  | -0,11  | -0,94* | -0,49 | 0,74*  | 0,50   | 0,71*  | 0,54  | -0,53 | 0,25  |
| Температура воздуха, °С               | -0,48  | -0,80* | -0,46  | -0,18 | 0,42   | 0,12   | 0,63   | 0,16  | -0,02 | 0,14  |
| Сумма активных температур, °С         | -0,46  | -0,64  | -0,87* | -0,41 | 0,72*  | 0,37   | 0,87*  | 0,43  | -0,32 | 0,24  |
| Количество осадков, мм                | -0,42  | -0,40  | -0,29  | 0,38  | 0,00   | 0,80*  | 0,26   | 0,82  | 0,54  | 0,84  |
| ГТК (по Селянинову)                   | -0,34  | -0,26  | -0,18  | 0,48  | -0,12  | 0,81*  | 0,14   | 0,82  | 0,61  | 0,87  |
| Межфазный период цветение–созревание  |        |        |        |       |        |        |        |       |       |       |
| Продолжительность, сут.               | -0,41  | -0,16  | 0,58   | -0,04 | -0,21  | 0,11   | -0,90* | 0,06  | 0,57  | 0,25  |
| Температура воздуха, °С               | 0,66   | 0,54   | 0,10   | 0,76* | -0,55  | -0,03  | 0,30   | -0,01 | 0,08  | 0,00  |
| Сумма активных температур, °С         | -0,01  | 0,22   | 0,84*  | 0,58  | -0,72* | 0,15   | -0,94* | 0,09  | 0,82  | 0,35  |
| Количество осадков, мм                | -0,73* | -0,88* | -0,37  | -0,04 | 0,33   | 0,53   | 0,36   | 0,56  | 0,37  | 0,59  |
| ГТК (по Селянинову)                   | -0,70* | -0,89* | -0,47  | -0,14 | 0,43   | 0,46   | 0,48   | 0,49  | 0,22  | 0,49  |

Примечание: \* – коэффициенты корреляции достоверны на уровне значимости 0,05.

Таблица 4 – Матрица корреляции основных показателей сорта льна масличного Ермак

| Показатель                       | Жирная кислота, % |             |           |           |               | Урожайность семян, т/га | Масличность, % | Сбор масла, кг/га | Содержание протеина в семенах, % | Сбор протеина, кг/га |
|----------------------------------|-------------------|-------------|-----------|-----------|---------------|-------------------------|----------------|-------------------|----------------------------------|----------------------|
|                                  | пальмитиновая     | стеариновая | олеиновая | линолевая | α-линоленовая |                         |                |                   |                                  |                      |
| Пальмитиновая кислота            | 1,00              |             |           |           |               |                         |                |                   |                                  |                      |
| Стеариновая кислота              | 0,88*             | 1,00        |           |           |               |                         |                |                   |                                  |                      |
| Олеиновая кислота                | 0,36              | 0,38        | 1,00      |           |               |                         |                |                   |                                  |                      |
| Линолевая кислота                | 0,46              | 0,42        | 0,64      | 1,00      |               |                         |                |                   |                                  |                      |
| α-линоленовая кислота            | -0,57             | -0,56       | -0,88*    | -0,91*    | 1,00          |                         |                |                   |                                  |                      |
| Урожайность семян, т/га          | -0,64             | -0,38       | -0,39     | 0,00      | 0,27          | 1,00                    |                |                   |                                  |                      |
| Масличность, %                   | 0,03              | -0,22       | -0,82*    | -0,32     | 0,58          | 0,02                    | 1,00           |                   |                                  |                      |
| Сбор масла, кг/га                | -0,64             | -0,39       | -0,44     | -0,02     | 0,31          | 1,00*                   | 0,08           | 1,00              |                                  |                      |
| Содержание протеина в семенах, % | -0,32             | -0,21       | 0,58      | 0,64      | -0,58         | 0,45                    | -0,63          | 0,41              | 1,00                             |                      |
| Сбор протеина, кг/га             | -0,65             | -0,41       | -0,16     | 0,20      | 0,06          | 0,96*                   | -0,15          | 0,95*             | 0,68                             | 1,00                 |

Примечание: \* – коэффициенты корреляции достоверны на уровне значимости  $p < 0,05$ .

Гидротермические условия вегетационного периода оказали значительное влияние на содержание жира в семенах. Сильная корреляционная зависимость данного показателя определена с ГТК периодов посев–всходы, елочка–бутонизация, всходы–созревание ( $r=-0,75, 0,85, 0,80$ ), количеством осадков периода елочка–бутонизация ( $r=0,83$ ), суммой активных температур периодов бутонизация–цветение и цветение–созревание ( $r=0,87, -0,94$ ) и их продолжительности ( $r=0,71, -0,90$ ) (табл. 3).

Уравнения регрессии принимают следующий вид:

$$Y_1 = 44,752 + 0,532 \times X - 0,294 \times X^2$$

$$Y_1 = 43,479 + 3,039 \times X_1 - 1,287 \times X_1^2$$

$$Y_1 = 38,893 + 10,085 \times X_2 - 4,152 \times X_2^2$$

$$Y_1 = 43,833 + 0,0331 \times X_3 - 0,000194 \times X_3^2$$

$$Y_1 = 40,00984 + 0,0572 \times X_4 - 0,000165 \times X_4^2$$

$$Y_1 = 32,424 + 0,029 \times X_5 - 0,0000159 \times X_5^2$$

$$Y_1 = 31,270 + 3,749 \times X_6 - 0,254 \times X_6^2$$

$$Y_1 = 31,980 + 0,603 \times X_7 - 0,00680 \times X_7^2$$

где:

$Y_1$  – масличность семян, %;

$X$ —ГТК межфазного периода посев—всходы;  
 $X_1$ —ГТК межфазного периода елочка—бу-  
тонизация;

$X_2$ —ГТК межфазного периода всходы—со-  
зревание;

$X_3$ —количество осадков межфазного пе-  
риода елочка—бутонизация, мм;

$X_4$ —сумма активных температур межфаз-  
ного периода бутонизация—цветение, °С;

$X_5$ —сумма активных температур межфаз-  
ного периода цветение—созревание, °С;

$X_6$ —продолжительность межфазного пе-  
риода бутонизация—цветение, дней;

$X_7$ —продолжительность межфазного пе-  
риода цветение—созревание, дней.

Решение данных уравнений путем под-  
становки указанных значений по мере про-  
хождения фаз развития позволяет прогнози-  
ровать масличность семян сорта Ермак.

Погодные условия вегетации и ее отдель-  
ных периодов оказывали влияние на содер-  
жание протеина, составившее 25,09%, коэф-  
фициент вариации  $C_v=8,2\%$ . В избыточно  
увлажненном 2015 г. определено большее  
значение признака — 27,51%, меньшее в ус-  
ловиях обеспеченного увлажнения 2013 г. —  
22,88%. Сильное сопряжение величины это-  
го показателя определено с суммой актив-  
ных температур за межфазные периоды, по-  
сев—всходы, посев—созревание и всходы—  
созревание ( $r=-0,86, -0,79$  и  $0,79$ ), количе-  
ством осадков и значением ГТК периода  
елочка—бутонизация ( $r=-0,72, -0,73$ ), что  
описывают следующие уравнения:

$$Y_2=26,136+0,0506 \times X-0,000421 \times X^2$$

$$Y_2=602,261-0,534 \times X_1+0,000123 \times X_1^2$$

$$Y_2=15677,267-16,651 \times X_2+0,00443 \times X_2^2$$

$$Y_2=27,764-0,127 \times X_3+0,000888 \times X_3^2$$

$$Y_2=28,033-7,161 \times X_4+2,782 \times X_4^2$$

где:

$Y_2$ —содержание протеина, %;

$X$ —сумма активных температур межфаз-  
ного периода посев—всходы, °С;

$X_1$ —сумма активных температур межфаз-  
ного периода посев—созревание, °С;

$X_2$ —сумма активных температур межфаз-  
ного периода всходы—созревание, °С;

$X_3$ —количество осадков межфазного пе-  
риода елочка—бутонизация, мм;

$X_4$ —ГТК межфазного периода елочка—бу-  
тонизация.

В состав льняного масла входят насыщен-  
ные кислоты (пальмитиновая, стеариновая)

и ненасыщенные (линолевая, линоленовая и  
олеиновая). Полезные свойства масла обуслов-  
лены его жирнокислотным составом. Более  
стабильно ( $C_v=1,6-8,3\%$ ) содержание лиг-  
ноцериновой, маргаринолеиновой, пальми-  
тиновой, линолевой, маргариновой, эйко-  
зодиеновой и стеариновой кислот, которое  
составляло 0,118; 0,040; 5,506; 39,971; 0,060;  
0,043 и 3,742% соответственно (табл. 2). Со-  
держание докозагексаеновой, нервоновой  
и эруковой кислот сильно варьировало по  
годам ( $C_v=138,1-223,6\%$ ), из основных  $\alpha$ - и  
 $\gamma$ -линоленовой ( $C_v=33,903, 0,017\%$ ) и олеи-  
новой ( $C_v=16,037\%$ ) жирных кислот было  
среднестабильно ( $C_v=11,7-15,0\%$ ).

Лен масличный сорта Ермак имеет изме-  
ненный ЖКС масла, основную часть которо-  
го составляют линолевая — 36,667—41,812%  
и  $\alpha$ -линоленовая — 28,315—39,197% кисло-  
ты, что и определяет его основные свойства.  
Массовая доля линолевой кислоты сильно  
сопряжена со средней температурой периода  
цветение—созревание ( $r=0,76$ ).

Это описывает уравнение регрессии:

$$Y_3=-147,794+17,060 \times X-0,384 \times X^2$$

где:

$Y_3$ —содержание линолевой кислоты, %;

$X$ —средняя температура межфазного пе-  
риода цветение—созревание, °С.

Второй по процентному содержанию в  
масле данного сорта — 28,315—39,197%, а  
может быть и первой по значимости для  
свойств масла, является  $\alpha$ -линоленовая кис-  
лота. Назначение использования льняного  
масла в большей степени определяется ко-  
личеством  $\alpha$ -линоленовой кислоты. Её со-  
держание в семенах сорта Ермак, по данным  
ФАО, характеризуется как низкое и среднее  
[9]. Такое масло пригодно как на пищевые,  
так и технические, медицинские и парфю-  
мерные цели. Установлена сильная отрица-  
тельная корреляционная зависимость между  
содержанием  $\alpha$ -линоленовой, линолевой и  
олеиновой кислотами ( $r=-0,91, -0,88$ ). Дан-  
ные зависимости кислот описываются сле-  
дующими уравнениями:

$$Y_4=-306,844+19,204 \times X-0,267 \times X^2$$

$$Y_4=409,590-42,679 \times X_1+1,187 \times X_1^2$$

где:

$Y_4$ —содержание  $\alpha$ -линоленовой кислоты, %;

$X$ —содержание линолевой кислоты, %;

$X_1$ —содержание олеиновой кислоты, %.

Сильное отрицательное сопряжение со-

держания  $\alpha$ -линоленовой кислоты определено количеством осадков и ГТК периода посев – всходы ( $r=-0,90, -0,87$ ) и суммой активных температур периода цветение–созревание ( $r=-0,72$ ), и положительное с продолжительностью и суммой активных температур периода бутонизация–цветение ( $r=0,74, 0,72$ ). Что описывают следующие уравнения:

$$Y_5=37,111-0,312 \times X+0,00175 \times X^2$$

$$Y_5=37,162-5,380 \times X_1+0,804 \times X_1^2$$

$$Y_5=-6,700+9,917 \times X_2-0,583 \times X_2^2$$

$$Y_5=11,032+0,275 \times X_3-0,000766 \times X_3^2$$

$$Y_5=-100,428+0,277 \times X_4-0,000140 \times X_4^2$$

где:

$Y_5$ –содержание  $\alpha$ -линоленовой кислоты, %;

$X$ –количество осадков межфазного периода посев–всходы, мм;

$X_1$ –ГТК межфазного периода посев–всходы;

$X_2$ –продолжительность межфазного периода бутонизация–цветение, дней;

$X_3$ –сумма активных температур межфазного периода бутонизация–цветение, °С;

$X_4$ –сумма активных температур межфазного периода цветение –созревание, °С.

Олеиновая кислота является третьей по процентному содержанию в масле данного сорта – 14,624–19,334%. Установлена сильная отрицательная корреляционная зависимость между содержанием олеиновой,  $\alpha$ -линоленовой кислотами и масличностью семян ( $r=-0,88, -0,82$ ) (табл. 4):

$$Y_6=6363,807-283,069 \times X+3,155 \times X^2$$

где:

$Y_6$ –содержание олеиновой кислоты, %;

$X$ –масличность, %.

Сильное отрицательное сопряжение величины этого показателя связано с ГТК периода всходы–созревание, продолжительностью и суммой активных температур периода бутонизация–цветение ( $r=-0,82, -0,94, -0,87$ ) и положительно с количеством осадков, ГТК периода посев–всходы и суммой активных температур периода цветение–созревание ( $r=0,94, 0,97, 0,84$ ). Уравнения, описывающие данные зависимости, приведены ниже:

$$Y_6=33,855-31,438 \times X+13,00577 \times X^2$$

$$Y_6=40,054-5,875 \times X_1+0,346 \times X_1^2$$

$$Y_6=32,998-0,222 \times X_2+0,000684 \times X_2^2$$

$$Y_6=15,026-0,018 \times X_3+0,00388 \times X_3^2$$

$$Y_6=14,990+0,278 \times X_4+0,388 \times X_4^2$$

$$Y_6=160,708-0,281 \times X_5+0,000136 \times X_5^2$$

где:

$Y_6$ –содержание олеиновой кислоты, %;

$X$ –ГТК межфазного периода всходы–созревание;

$X_1$ –продолжительность межфазного периода бутонизация–цветение, дней;

$X_2$ –сумма активных температур межфазного периода бутонизация–цветение, °С;

$X_3$ –количество осадков межфазного периода посев–всходы, мм;

$X_4$ –ГТК межфазного периода посев–всходы;

$X_5$ –сумма активных температур межфазного периода цветение–созревание, °С.

Большее содержание олеиновой кислоты (19,334%) определено в сухом 2017 году при 120,9, 77,7 мм осадков и ГТК – 0,63, 0,64 за периоды всходы–созревание, цветение–созревание, что в 1,32 раза превышало ее содержание в условиях обеспеченного и избыточного увлажнения 2013 года, при 236,3, 128,8 мм осадков и ГТК–1,26, 1,31 соответственно.

Пальмитиновая кислота является предшественником других длинноцепочечных жирных кислот, таких как стеариновая, олеиновая, эйкозатриеновая и архидоновая. Это единственная основная жирная кислота, содержание которой сильно положительно коррелирует со стеариновой кислотой ( $r=0,88$ ) и описывается следующим уравнением:

$$Y_7=-26,919+16,710 \times X-2,138 \times X^2$$

где:

$Y_7$ –содержание пальмитиновой кислоты, %;

$X$ –содержание стеариновой кислоты, %.

Ее массовая доля сильно положительно сопряжена с продолжительностью и суммой активных температур периода посев–всходы ( $r=0,81, 0,73$ ) и отрицательно с количеством осадков и ГТК периода цветение–созревание ( $r=-0,73, -0,70$ ).

$$Y_7=4,699+0,00652 \times X-0,00000212 \times X^2$$

$$Y_7=3,781+0,317 \times X_1-0,0128 \times X_1^2$$

$$Y_7=5,405+0,00619 \times X_2-0,0000388 \times X_2^2$$

$$Y_7=5,168+1,203 \times X_3-0,694 \times X_3^2$$

где:

$Y_7$ –содержание пальмитиновой кислоты, %;

$X$ –сумма активных температур межфазного периода посев–всходы, °С;

$X_1$ –продолжительность межфазного периода посев–всходы, дней;

$X_2$ –количество осадков межфазного периода цветение–созревание, мм;

$X_3$ –ГТК межфазного периода цветение–созревание.

Максимальное содержание пальмитиновой кислоты определено в 2016 году при

сумме активных температур данного периода  $164,8^{\circ}\text{C} - 5,930\%$ , что в 1,16 раза превышало показатели 2015 года (сумма активных температур –  $65,7^{\circ}\text{C}$ ).

Содержание стеариновой кислоты (3,359–4,012%) было среднестабильным по годам ( $V - 8,3\%$ ). Определена сильная отрицательная корреляционная зависимость ее содержания с количеством осадков и ГТК периодов посев–созревание, всходы–созревание, цветение–созревание ( $r = -0,71, -0,71, -0,76, -0,69, -0,88, -0,89$ ) и среднесуточной температурой воздуха периода бутонизация–цветение ( $r = -0,80$ ), а также положительная с продолжительностью периода посев–всходы ( $r = 0,91$ ). В засушливых условиях вегетационного периода 2014 года (ГТК–0,95) содержание стеариновой кислоты в 1,19 раза превышало данный показатель в избыточно увлажненный 2015 год (ГТК – 1,43).

Во все годы исследований получен необходимый ЖКС масла, что обусловлено геномом сорта Ермак.

Тем не менее, наиболее оптимальное содержание основных жирных кислот получено в сухих условиях 2017 года (ГТК периодов всходы–созревание, цветение–созревание – 0,63, 0,64), при среднесуточной температуре периода цветение–созревание –  $20,3^{\circ}\text{C}$ , сумме активных температур –  $1219,0^{\circ}\text{C}$  и его значении –  $82,8^{\circ}\text{C}$  в период бутонизация–цветение при его продолжительности 5 суток. Более всего от наиболее оптимального ЖКС масла отклонялся в условиях достаточного увлажнения 2013 года (ГТК периодов всходы–созревание, цветение–созревание – 1,26, 1,31) при среднесуточной температуре периода цветение–созревание –  $18,6^{\circ}\text{C}$ , сумме активных температур –  $986,4^{\circ}\text{C}$  и его значении –  $179,7^{\circ}\text{C}$  в период бутонизация–цветение при его продолжительности 8 суток, т. е. наибольшее влияние на ЖКС масла оказали гидротермические условия периодов бутонизация–цветение и цветение–созревание (продолжительность, сумма активных температур и среднесуточная температура). Следует отметить, что большой сбор семян с гектара получен в условиях избыточного увлажнения 2015 года (ГТК – 1,43, 1,84), а масличность в условиях обеспеченного увлажнения 2016 и 2013 годов (ГТК – 1,19, 1,04 и 1,26, 1,31) периодов всходы–созревание и цветение–созревание.

Оптимальными для льна масличного сорта Ермак являлись следующие гидро-

термические условия: низкое значение показателя «сумма активных температур» за периоды посев–созревание, елочка–бутонизация (урожайность семян), высокие значения показателей «продолжительность» «среднесуточная температура» и «сумма активных температур» за период всходы–елочка при низком значении ГТК, малая «продолжительность» при высокой среднесуточной температуре и низком значении показателя «сумма активных температур» за период елочка–бутонизация (урожайность семян), большая «продолжительность» и «сумма активных температур» за период бутонизация–цветение (масличность), высокая «среднесуточная температура» периода бутонизация–цветение (линолевая кислота).

**Выводы.** В результате проведенных исследований впервые в условиях Средневолжского региона математически описано влияние агроклиматических условий межфазных периодов органогенеза на продуктивность семян и жирнокислотный состав масла сорта Ермак. Установлены взаимозависимости урожайности, масличности семян и содержания сырого протеина.

Определена зависимость урожайности, масличности семян, содержания сырого протеина, сбора масла от гидротермических условий межфазных периодов роста и развития льна ( $r = -0,94 - 0,93$ ).

Выявлены наиболее стабильные жирные кислоты: лигноцереновая, маргаринолеиновая, пальмитиновая, линолевая, маргариновая, эйкозодиеновая и стеариновая. Определена зависимость содержания жирных кислот как между собой ( $r = -0,91 - 0,88$ ), так и их сопряжение с гидротермическими условиями ( $r = -0,94 - 0,91$ ).

Наибольшее влияние на ЖКС масла (качество) оказали гидротермические условия периодов бутонизация–цветение и цветение–созревание (среднесуточная температура и сумма активных температур). Требуемый ЖКС масла получен во все годы исследований, что обусловлено геномом сорта.

Определены оптимальные для сорта гидротермические условия как в целом за вегетационный период, так и в отдельные межфазные периоды.

Приведенные уравнения относительно точно описывают реакцию льна масличного сорта Ермак на факторы внешней среды.

Установленные зависимости следует учитывать в селекционной работе, направленной на создание новых сортов льна маслич-

ного, а также в производстве для прогнозирования как урожайности, так и масличности семян и ЖКС масла.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бражников В.Н., Бражникова О.Ф., Прахова Т.Я., Прахов В.А. Результаты селекции и жирно-кислотный состав масла льна масличного // *Международный сельскохозяйственный журнал*. – 2015. – № 6. – С. 23-27.
2. Бражников В.Н., Бражникова О.Ф. Результаты селекции льна масличного // *Материалы научно-практической конференции: Научно-практические аспекты технологий возделывания и переработки масличных культур*. – Рязань: ФГБОУ Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева», 2013. – С. 50-53.
3. Галкин Ф.М., Хатнянский В.И., Тишков Н.М., Пивень Т.В., Шафоростов В.Д. Лён масличный: селекция, семеноводство, технология возделывания и уборки. – Краснодар: РАСХН, ГНУ ВНИИМК, 2008. – 191 с.
4. ГОСТ Р 51483–99 Масла растительные и жиры животные. Определение методом газовой хроматографии массовой доли метиловых эфиров индивидуальных жирных кислот к их сумме. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2000. – 7 с.
5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Книга по Требованию, 2012. – 352 с.
6. Маслинская М.Е., Андроник Е.В., Иванова Е.В. Оценка селекционных сортов образцов льна масличного по продолжительности основных фаз вегетации и жирнокислотному составу масла // *Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии*. – 2016. – № 4. – С. 66-72.
7. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур // *Под общ. ред. М.А. Фебина*. – М.: Сельхозиздат, 1983. – 183 с.
8. Методические указания по изучению мировой коллекции масличных культур // *Под ред. Г.Г. Давидян*. – Л.: ВИР, 1976. – 21 с.
9. Минжасова А., Лошкомойников И. Селекция льна масличного на качественный состав масла // *Международный сельскохозяйственный журнал*. – 2016. – № 3. – С. 33-35.
10. Носевич М.А., Айссотоде Й.З., Рошин В.И., Ведерников Д.Н. Оценка качества масла и волокна льна масличного в зависимости от генетических особенностей и условий его произрастания // *Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета*. – 2017. – № 1 (46). – С. 15-20.
11. Павлова Л.Н., Александрова Т.А., Марченков А.Н., Рожмина Т.А., Лошакова Н.И., Кудрявцева Л.П., Крылова Т.В., Герасимова Е.Г. Методические указания по селекции льна-долгунца. – М.: Россельхозакадемия, 2004. – 43 с.
12. Раушковский С.С. Методы исследований при селекции масличных растений по содержанию масла. – М.: Пищепромиздат, 1959. – 46 с.
13. Руководство по методам анализа качества и безопасности пищевых продуктов // *Под ред. И.М. Скурихина, В.А. Тутельяна*. – М.: «Браденс–Медицина», 1998. – С. 84-93.
14. Руководство по семеноводству масличных культур // *Под общ. ред. акад. В. С. Пустовойта*. – М.: Колос, 1967. – 351 с.
15. Склярков С.В. Жирно-кислотный профиль и оксистерильность масла низколиноленовых сортов образцов льна масличного // *Масличные культуры*. – 2012. – № 2 (151-152). – С. 91-95.

### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

**Бражников Владимир Николаевич**, кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», 17/56, Комсомольский проспект, г. Тверь, Российская Федерация, 170041, ORCID: [orcid.org/0000-0002-3186-5993](http://orcid.org/0000-0002-3186-5993), e-mail: [v.brazhnikov.pnz@fncl.ru](mailto:v.brazhnikov.pnz@fncl.ru)

**Vladimir N. Brazhnikov**, PhD in Agricultural Sciences, leading researcher, Federal Research Center for Bast Fiber Crops, 17/56 Komсомольsky pr., Tver, Russian Federation, 170041, ORCID: [orcid.org/0000-0002-3186-5993](http://orcid.org/0000-0002-3186-5993), e-mail: [v.brazhnikov.pnz@fncl.ru](mailto:v.brazhnikov.pnz@fncl.ru)



## СОРТА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР СЕЛЕКЦИИ ФГБНУ ФНЦ ЛК



### Лен-долгунец сорт УНИВЕРСАЛ

Высокопродуктивный сорт. Среднеспелый (78–83 дня), голубоцветковый. Высота растения – 86 см. Урожайность волокна – 27,6 ц/га, льносемян – 7,3 ц/га. Содержание волокна в стеблях – 25,8%, выход длинного волокна – 22,6%. Высокоустойчив к ржавчине, фузариозному увяданию и полеганию.



### Конопля посевная сорт ЛЮДМИЛА

Высокопродуктивный сорт. Двустороннего (преимущественно зеленцового) направления использования. Период вегетации – 118–125 дней. Высота растений варьирует от 220 до 270 см (высокорослые), техническая длина стебля – от 177 до 215 см. Характеризуется высокой урожайностью стеблей (12,3 т/га) и семян (1,05 т/га). Содержание масла в семенах достигает 30,0%. Содержание волокна в стеблях – более 30%, выход длинного волокна – более 21%. Сорт слабо поражается болезнями и вредителями.



### Пшеница яровая сорт АРХАТ

Высокопродуктивный сорт. Среднеспелый. Вегетационный период – 90 дней. Высота растения – 88,5 см. Устойчивость к полеганию – высокая. Обладает высокой устойчивостью к поражению растений бурой ржавчиной и мучнистой росой. Хлебопекарные качества зерна на уровне ценной пшеницы.



### Горчица белая сорт ЛЮЦИЯ

Высокопродуктивный сорт. Раннеспелый. Вегетационный период – 90–95 дней. Высота растений – до 1,12 м. Урожайность семян – 11–13,5 ц/га, зеленой массы – 250 ц/га. Масличность – 20,5–20,7%. Устойчив к засухе, осыпанию и полеганию. Слабо поражается крестоцветными блошками и не поражается болезнями.



### Мак масличный сорт ЖЕМЧУГ

Сорт предназначен для использования на масло и семена в пищевой и кондитерской промышленности. Это первый сорт с белой окраской семян. Средняя урожайность семян – 1,51 т/га. Содержание жира – 49,41%. Вегетационный период составляет 99 дней. Отличается более низким содержанием наркотически активных алкалоидов в растении, в среднем 0,228%.



### Клевер луговой сорт ПОЧИНКОВЕЦ

Двуукосный диплоидный сорт. Раннеспелый. Вегетационный период – 90–95 дней. Высота растений – 54–85 см. Урожай зелёной массы – до 640 ц/га, урожайность семян – 2,5–3,3 ц/га, содержание сырого протеина – 17,2%, клетчатки – 22,6. Устойчив к фузариозу. Обеспечивает 2 полноценных укоса на зеленую массу.

Адрес: 170041, Россия, г. Тверь, Комсомольский проспект, 17/56  
Телефон: 8 (4822) 41-61-10  
E-mail: info@fncl.ru

## СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ТЕХНИКА И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ЛЬНА



### Машина сушильная для льнотресты МС-1

Предназначена для сушки льняной тресты перед мяльно-трепальными агрегатами всех марок. Отличается наличием воздушного теплогенератора, что исключает необходимость применения паровой котельной. Потребляет в 2 раза меньше тепловой энергии, чем существующие машины марки СКП, в 2 раза меньше занимаемая площадь. Производительность – до 800 кг/ч.



### Мялка лабораторная МЛ-5

Предназначена для промина льняной тресты и соломы льна-долгунца и льна масличного с целью подготовки их к определению содержания волокна, луба и прочности. Производительность – до 15 проб/час. Установленная мощность – 0,5 кВт. Масса – 150 кг.

Адрес: 170041, Россия, г. Тверь, Комсомольский проспект, 17/56  
Телефон: 8 (4822) 41-61-10  
E-mail: info@fncl.ru