

ISSN 2782-2915

**TECHNICAL CROPS.
SCIENTIFIC AGRICULTURAL JOURNAL**

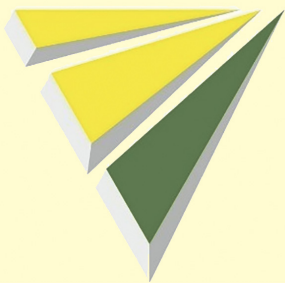


№1(2)
2022



**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://fncl.ru/nauchnaya-deyatelnost/journal/>

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(4822)41-61-10 (доб. 112),
8(4812)65-55-03
e-mail: vnptiml@mail.ru

© ФГБНУ «Федеральный
научный центр лубяных культур»

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Ростовцев Р.А.

доктор технических наук, профессор 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

Черников В.Г.

доктор технических наук, профессор, член-корреспондент
РАН

Сорокина О.Ю.

доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Рожмина Т.А.

доктор биологических наук

Тимошкин О.А.

доктор сельскохозяйственных наук, доцент

Серков В.А.

доктор сельскохозяйственных наук

Прахова Т.Я.

доктор сельскохозяйственных наук

Шардан С.К.

доктор экономических наук, доцент

Самсонова Н.Е.

доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Романова И.Н.

доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Лачуга Ю.Ф.

доктор технических наук, академик РАН, профессор

Лобачевский Я.П.

доктор технических наук, академик РАН, профессор

Ратошный А.Н.

доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Осепчук Д.В.

доктор сельскохозяйственных наук

Никифоров А.Г.

доктор технических наук



СОДЕРЖАНИЕ

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА И ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ, ПЕРВИЧНОЙ И ГЛУБОКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

3

В. В. Альт, М. С. Чекусов, С. П. Исакова
**ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР**

СЕЛЕКЦИЯ, СЕМЕНОВОДСТВО И АГРОНОМИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ И СЕВООБОРОТНЫХ КУЛЬТУР

10

**М. Е. Маслинская, Л. Ф. Кабашникова,
Н. С. Савельев, Е. В. Черехина**
**ИЗУЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
СИДЕРАЛЬНЫХ КУЛЬТУР ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ
ЛЬНА МАСЛИЧНОГО**

21

С. П. Махмаджанов, Н. М. Дәуренбек
ГЕНОФОНД ХЛОПЧАТНИКА В КАЗАХСТАНЕ

30

В. П. Понажев, Е. Г. Виноградова
**РАЗВИТИЕ СЕЛЕКЦИИ И СЕМЕНОВОДСТВА
ЛЬНА-ДОЛГУНЦА — ВАЖНЕЙШИЙ РЕСУРС
ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ЛЬНОВОДСТВА РОССИИ**

40

Т. В. Шайкова, В. С. Баева, Т. Е. Кузьмина
**ВЛИЯНИЕ БОБОВЫХ ТРАВ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ
И ДОЛГОЛЕТИЕ СМЕШАННЫХ ПОСЕВОВ
С ФЕСТУЛОЛИУМОМ**

СЕЛЕКЦИЯ, СЕМЕНОВОДСТВО И АГРОНОМИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ И СЕВООБОРОТНЫХ КУЛЬТУР

DOI 10.54016/SVITOK.2022.45.24.002

УДК 633.521:631.874.2

ИЗУЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИДЕРАЛЬНЫХ КУЛЬТУР ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЛЬНА МАСЛИЧНОГО

© 2022. М. Е. Маслинская¹, Л. Ф. Кабашникова²,
Н. С. Савельев¹, Е. В. Черехина¹

¹Республиканское научное дочернее унитарное предприятие
«Институт льна», аг. Устье, Республика Беларусь,

²Государственное научное учреждение «Институт биофизики
и клеточной инженерии НАН Беларуси», г. Минск, Республика Беларусь

В статье приведены результаты изучения возможности использования и эффективности сидеральных культур при возделывании льна масличного. Полевые опыты заложены в 2017-2019 годы в РУП «Институт льна». В качестве сидеральных культур использованы горох, редька масличная и озимая рожь. В результате проведенных исследований установлено, что посев льна после сидеральных культур обеспечивал повышение урожайности по сравнению с контрольным вариантом на 10,4-12,4%, количества коробочек на растении – на 4,8-7,9%, значений показателя «масса 1000 семян» – на 1,8-7,1% и сбора масла с гектара – на 6,1-22,7%. При этом масличность семян находилась на уровне контроля. При анализе морфоструктуры растений в различные периоды роста отмечено увеличение таких показателей, как общая длина и масса растения, длина и масса проростка в фазу «елочка» и период «бутонизация-цветение», а также высоты растения, его массы и количества побегов в период «зеленой спелости» в вариантах с использованием сидеральных культур. Анализ фотосинтетических показателей листьев показал, что в фазу «елочка» в изученных вариантах происходило увеличение содержания суммарного хлорофилла (Хл (a+b)) и каротиноидов по сравнению с контролем, к периоду «бутонизация-цветение» наблюдалась обратная закономерность. В то же время при использовании сидеральных культур происходило увеличение содержания фотосинтетических пигментов в стеблях льна, что свидетельствует о переносе фотосинтетической функции на нелистовые фотосинтезирующие органы (стебли) растений. Обнаружено, что применение сидеральных культур способствовало снижению активности перекисного окисления липидов (ПОЛ) относительно контроля, что свидетельствует о стабилизации окислительных процессов в листьях льна в этих условиях. В результате проведенных исследований установлено, что наиболее эффективной сидеральной культурой при возделывании льна масличного являлась редька масличная.

Ключевые слова: лен масличный, сидеральные культуры, урожайность, масличность, фотосинтетические пигменты, перекисное окисление липидов.

Благодарности: работа выполнена в рамках задания 4 ОНТП «Лен масличный на 2017-2020 годы» (№ госрегистрации 20172019).

Для цитирования: Маслинская М.Е., Кабашникова Л.Ф., Савельев Н.С., Черехина Е.В. Изучение эффективности использования сидеральных культур при возделывании льна масличного. Технические культуры. Научный сельскохозяйственный журнал. 2022; 1 (2): (10-20). DOI: 10.54016/SVITOK.2022.45.24.002

Поступила: 4.01.2022 Принята к публикации: 14.03.2022 Опубликована: 28.03.2022

STUDY OF EFFICIENCY OF USING SIDERAL CROPS IN CULTIVATION OF LINSEED

© 2022. Marharyta E. Maslinskaya¹, Liudmila F. Kabashnikova²,
Nikolaj S. Savel'ev¹, Elena V. Chereuhina¹

¹Republican Scientific Subsidiary Unitary Enterprise «Institute of flax»,
ag. Ustye, Republic of Belarus

²State Scientific Institution «Institute of Biophysics and Cell Engineering
of the National Academy of Sciences of Belarus», Minsk, Republic of Belarus

The article presents the results of studying the possibility of using and the effectiveness of sideral cultures in the cultivation of linseed. Field experiments were laid in 2017-2019 at RUE «Institute of flax». Peas, oil radish and winter rye were used as sideral crops. As a result of the conducted studies, it was found that sowing linseed after sideral crops provided an increase in yield compared to the control variant by 10.4-12.4%, the number of capsules per plant by 4.8-7.9%, the values of the indicator "weight of 1000 seeds" by 1.8-7.1% and collection of oil per hectare of sowing by 6.1-22.7%. At the same time, the oil content of the seeds was at the control level. When analyzing the morphostructure of plants in different periods of growth, an increase in such indicators as the total length and weight of the plant, the length and weight of the seedling in the «herringbone» phase and the «budding-flowering» period, as well as the height of the plant, its mass and the number of shoots during the «green ripeness» in variants using sideral crops was noted. The analysis of photosynthetic parameters of the leaves showed that in the «herringbone» phase in the studied variants there is an increase in the content of total chlorophyll (Cl (a+b)) and carotenoids compared with the control, by the «budding-flowering» period, the reverse pattern is observed. At the same time, when using sideral cultures, the content of photosynthetic pigments in flax stems increases, which indicates the transfer of photosynthetic function to non-leaf photosynthetic organs (stems) of plants. It was found that the use of sideral cultures contributes to a decrease in the activity of lipid peroxidation (POL) relative to the control, which indicates the stabilization of oxidative processes in flax leaves under these conditions. As a result of the conducted research, it was found that the most effective sideral crop in the cultivation of linseed is oilseed radish.

Keywords: linseed, sideral crops, yield, oil content, photosynthetic pigments, lipid peroxidation.

Acknowledgements: the work was carried out within the framework of task 4 of the ONTP "Oilseed flax for 2017-2020" (state registration no. 20172019).

For citations: Maslinskaya M. E., Kabashnikova L. F., Savel'ev N. S., Chereuhina E. V. Study of efficiency of using sideral crops in cultivation of linseed. Technical crops. Scientific agricultural journal. 2022; 1 (2): (10-20). DOI: 10.54016/SVITOK.2022.45.24.002

Received: 4.01.2022 Accepted for publication: 14.03.2022 Published online: 28.03.2022

Введение. К настоящему времени в большинстве стран мира используются интенсивные технологии возделывания сельскохозяйственных культур для получения максимального количества продукции. Обязательной нормой таких технологий является применение в возрастающих объёмах минеральных удобрений, стимуляторов и химических средств защиты растений. При этом возникают сомнения в безопасности продуктов питания, получаемых в условиях направленного химического воздействия на растения, усиливается трево-

га об угрозе для живых организмов применения высоких доз минеральных удобрений и особенно пестицидов, большинство из которых создано путем химического синтеза и не имеет природных систем нейтрализации и разрушения [7]. Все это обуславливает необходимость поиска таких приёмов, технологий и систем, которые явились бы альтернативой сложившимся методам и были бы свободны от присущих им отрицательных черт. Одним из таких приемов может быть использование зелёного удобрения, сокращённо - сидерация. Этот термин впервые пред-

ложил французский учёный Ж. Виль (XIX век). Специальные посе­вы культур, растительная масса которых частично или полностью заделывается в почву для повышения её плодородия, называется сидерацией, а саму культуру – сидератом [2]. В качестве сидератов в Беларуси повсеместно используют разные виды люпина, редьку масличную, горчицу, рапс, райграс, донник, сераделлу, горох, вику, фацелию, их смеси со злаковыми культурами и другие. Сидеральное удобрение оказывает многостороннее положительное влияние на свойства почвы и урожай сельскохозяйственных культур, в том числе и льна [5]. Большой интерес в качестве «зеленого удобрения» представляет горчица белая. За короткий вегетационный период она способна сформировать высокую урожайность зеленой массы [1, 6, 9]. Использование данной культуры позволяет компенсировать потребность растений льна в питательных веществах, снизить засоренность посевов, а также зараженность почвы, что важно для получения экологически безопасных льносемян, способствует снижению содержания в семенах льна кадмия и других тяжелых металлов [8]. Следует отметить, что комплексные исследования по использова-

нию сидеральных культур при возделывании льна масличного немногочисленны и представляют значительный научный и практический интерес.

Цель исследований – изучить возможность использования и эффективность сидеральных культур при возделывании льна масличного, выявить наиболее эффективную культуру.

Методика исследований. Объектами исследования служили растения льна масличного; сидеральные культуры: редька масличная, горох, озимая рожь. Полевые опыты заложены на опытном поле РУП «Институт льна» Оршанского района Витебской области по общепринятой методике [3]. Повторность опыта – четырехкратная. Площадь делянки – 16 м², учетная – 12,5 м². Агротехника общепринятая для возделывания льна масличного в Республике Беларусь. Минеральные удобрения внесены в дозе N₄₀P₆₃K₉₆ кг/га д.в. Норма высева – 10 млн. всхожих семян на гектар. Предшественник – зерновые.

Почва – дерново-подзолистая среднесуглинистая. Агрохимическая характеристика представлена в таблице 1. Проведен уход за посевами, обработка против льняной блохи, против сорняков и болезней.

Таблица 1 – Агрохимическая характеристика почвы

| № п/п | Показатели | 2017 г. | 2018 г. | 2019 г. |
|-------|---|---------|---------|---------|
| 1 | pH солевой вытяжки | 6,7 | 5,5 | 5,2 |
| 2 | Гумус (по Тюрину), % | 1,89 | 1,89 | 2,43 |
| 3 | P ₂ O ₅ (по Кирсанову), мг/кг почвы | 277 | 246 | 157 |
| 4 | K ₂ O (по Масловой), мг/кг почвы | 201 | 243 | 207 |

В течение вегетационного периода проводили измерения морфофизиологических параметров растений. Определяли содержание фотосинтетических пигментов. Для экстракции пигментов использовали навеску листьев, стеблей и коробочек. Экстракцию хлорофиллов (Хл) и каротиноидов производили 99,5 %-ным ацетоном в трехкратной повторности. Количество пигментов в экстрактах определяли по спектрам поглощения, содержание пигментов рассчитывали

в мг на г сырой массы исследуемого органа растений льна масличного [10]. Перекисное окисление липидов тестировали по количеству малонового диальдегида (МДА), содержание которого определяли спектрофотометрически по цветной реакции с тиобарбитуровой кислотой [4]. Достоверность различий средних значений определяли по t-критерию Стьюдента с использованием компьютерной программы «Statistica 6.0» (StatSoft) и «Excel 2010».

Процесс питания растений, их рост и продуктивность определяют метеорологические условия вегетационного периода. В 2017 году они отличались от средних многолетних показателей: в период посева и появления всходов характеризовались низкими температурами (5,3⁰С при норме 7,9⁰С) и обильным количеством осадков (325,6% от нормы). Начиная с третьей декады мая и до периода проведения уборочных работ сложились благоприятные условия для роста и развития льна, близкие к среднемуголетним. Метеорологические условия 2018 г. в период вегетации льна масличного характеризовались недостатком атмосферных осадков (32,0% – 95,7% нормы) и температурным режимом выше средних многолетних значений на 0,2 – 3,5⁰С. Метеорологические условия периода вегетации 2019 г. характеризовались избытком атмосферных осадков

(127,7% – 174,3% нормы) и теплым периодом вегетации (на 1,4⁰С выше среднеголетних значений).

Результаты и их обсуждение. В результате проведенных исследований установлено, что сидеральные культуры не оказали влияния на содержание гумуса в почве. Так, осенью до посева сидератов величина данного показателя в контрольном варианте составила 2,43%, после уборки льна масличного этот показатель в зависимости от сидеральной культуры находился в пределах 2,41% – 2,44% (табл. 2).

При изучении влияния сидеральных культур на полевую всхожесть и выживаемость растений к уборке различий по вариантам опыта не установлено. Полевая всхожесть изменялась в пределах 82,5% – 85,0%, выживаемость растений варьировала от 79,5% до 81,0%.

Таблица 2 – Влияние сидеральных культур на показатели плодородия почвы

| Вариант | Гумус, % | Содержание | |
|---|----------|----------------------|--------------------|
| | | фосфора, мг/кг почвы | калия, мг/кг почвы |
| Агрохимические показатели почвы опытного участка до посева сидератов | | | |
| Контроль | 2,43 | 157 | 207 |
| Агрохимические показатели почвы опытного участка после уборки льна масличного | | | |
| Контроль | 2,42 | 158 | 208 |
| Сидерат (озимая рожь) | 2,41 | 159 | 210 |
| Сидерат (крестоцветные) | 2,44 | 161 | 212 |

Отмечено положительное влияние сидеральных культур на урожайность маслосемян. Значения данного показателя варьировали в пределах от 15,7 ц/га в контрольном варианте до 19,4 ц/га при использо-

вании в качестве сидеральной культуры редьки масличной. Отмечено также увеличение количества коробочек на растении и значений показателя «масса 1000 семян» (рис. 1).

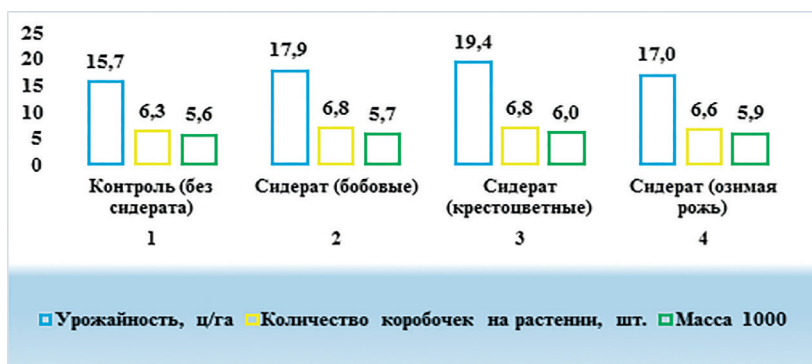


Рисунок 1. Влияние сидератов на урожайность маслосемян и элементы структуры урожая льна масличного

Сидеральные культуры не оказали влияния на масличность полученных семян, однако следует отметить увеличение сбора масла с гектара посева при их применении на 6,1-12,3% к контролю (табл. 3).

Таблица 3 – Влияние сидеральных культур на содержание масла в семенах и его сбор

| № п/п | Вариант | Содержание масла, % | Сбор масла, ц/га | ± к контролю |
|-------|-------------------------|---------------------|------------------|--------------|
| 1 | Контроль (без сидерата) | 47,2 | 6,6 | - |
| 2 | Сидерат (бобовые) | 47,6 | 7,6 | 1,0 |
| 3 | Сидерат (крестоцветные) | 47,2 | 8,1 | 1,5 |
| 4 | Сидерат (озимая рожь) | 46,5 | 7,0 | 0,4 |
| | НСР ₀₅ | 0,23 | 0,33 | |

Проведен анализ морфоструктуры растений льна масличного в фазу «елочка». Установлено влияние сидеральных культур на общую длину растения, включая надземную и корневую части в данный период, при этом превышение контрольного варианта находилось на уровне 4,4-11,0% (табл. 4).

Таблица 4 – Влияние новых технологических приемов на морфоструктуру растений льна масличного в фазе «елочка»

| Варианты | Длина растения, см | Длина проростка, см | Длина корня, см | Масса растения, г | Масса проростка, г | Масса корня, г |
|------------------------------------|--------------------|---------------------|-----------------|-------------------|--------------------|----------------|
| Фаза «елочка» | | | | | | |
| Контроль (без сидерата) | 20,00±0,65 | 12,69±0,57 | 7,79±0,56 | 0,54±0,04 | 0,47±0,04 | 0,07±0 |
| Сидерат (бобовые) | 20,88±0,55 | 15,04±0,52* | 5,84±0,27* | 0,59±0,02 | 0,52±0,02 | 0,07±0 |
| Сидерат (крестоцветные) | 22,07±0,23 | 15,65±0,33 | 6,30±0,39 | 0,77±0,06 | 0,68±0,06 | 0,09±0,01 |
| Сидерат (озимая рожь) | 21,73±0,55 | 15,38±0,79 | 6,35±0,42 | 0,71±0,06 | 0,63±0,06 | 0,08±0,01 |
| НСР ₀₅ | 0,46 | 0,68 | 0,42 | 0,05 | 0,05 | 0,01 |
| Фаза «бутонизация-цветение» | | | | | | |
| Контроль (без сидерата) | 54,10±1,02 | 50,80±1,03 | 3,30±0,13 | 2,45±0,13 | 2,29±0,13 | 0,16±0,01 |
| Сидерат (бобовые) | 56,00±1,51 | 51,60±1,45 | 4,40±0,40 | 3,20±0,40* | 3,00±0,28* | 0,20±0,02 |
| Сидерат (крестоцветные) | 57,70±1,31 | 54,70±1,22 | 3,00±0,21 | 3,08±0,21* | 2,90±0,14* | 0,18±0,02 |
| Сидерат (озимая рожь) | 55,00±1,06 | 51,20±0,98 | 3,75±0,24 | 3,03±0,24 | 2,81±0,27 | 0,23±0,02 |
| НСР ₀₅ | 0,77 | 0,89 | 0,30 | 0,17 | 0,16 | 0,02 |

Примечание – *различия достоверны при P≤0,05

Отмечено существенное увеличение длины проростка относительно контроля во всех изученных вариантах на 11,9 – 12,3%, а также возрастание общей массы растений и проростка (надземной части) при использовании сидеральных культур. Так, при использовании сидератов значения данных показателей составили 0,59-0,71 и 0,52-0,68 г соответственно, в контрольном варианте – 0,54 и 0,47 г соответственно.

Анализ морфоструктуры растений льна масличного в фазу «цветение-бутонизация» позволил отметить увеличение длины растения с учетом корней и увеличение длины надземной части растения в варианте опы-

та с применением в качестве сидеральной культуры редьки масличной. Вместе с тем, по длине корней достоверных изменений показателя по сравнению с контролем не обнаружено, за исключением варианта с горохом. Отмечено существенное возрастание общей массы растений и их надземной части во всех вариантах опыта: 3,03-3,20 см и 2,81-3,0 см при значении данных показателей в контрольном варианте 2,45 и 2,29 см соответственно.

Установлено, что применение сидеральных культур способствовало повышению содержания суммарного хлорофилла (Хл (a+b)) и каротиноидов в листьях льна в фазе «елочка» (табл. 5).

Таблица 5 – Влияние новых технологических приемов на содержание фотосинтетических пигментов в листьях растений льна масличного (мг/г сырой массы)

| Варианты | Хл a | Хл b | Хл (a+b) | Каротиноиды | Хл a/Хл b | Хл (a+b)/ каротиноиды |
|------------------------------------|------------|------------|-------------|-------------|-----------|-----------------------|
| Фаза «елочка» | | | | | | |
| Контроль (без сидерата) | 0,72±0,02 | 0,23±0,00 | 0,94±0,01 | 0,28±0,01 | 3,15±0,12 | 3,39±0,21 |
| Сидерат (бобовые) | 0,84±0,01 | 0,26±0,02 | 1,10±0,03* | 0,34±0,01* | 3,26±0,18 | 3,27±0,05 |
| Сидерат (крестоцветные) | 0,73±0,03 | 0,25±0,01 | 0,98±0,05 | 0,30±0,02 | 2,91±0,08 | 3,24±0,07 |
| Сидерат (озимая рожь) | 0,76±0,03 | 0,26±0,01 | 1,01±0,03 | 0,31±0,01 | 2,96±0,11 | 3,26±0,07 |
| Фаза «бутонизация-цветение» | | | | | | |
| Контроль (без сидерата) | 1,19±0,021 | 0,36±0,012 | 1,57±0,018 | 0,39±0,008 | 3,09±0,14 | 4,07±0,10 |
| Сидерат (бобовые) | 1,13±0,066 | 0,37±0,021 | 1,50±0,088 | 0,36±0,026 | 3,05±0,01 | 4,20±0,06 |
| Сидерат (крестоцветные) | 1,21±0,022 | 0,40±0,01 | 1,61±0,032 | 0,38±0,004 | 3,02±0,06 | 4,23±0,04 |
| Сидерат (озимая рожь) | 0,87±0,025 | 0,28±0,012 | 1,16±0,028* | 0,27±0,013* | 3,08±0,13 | 3,91±0,09 |

Примечание – *различия достоверны при P≤0,05

Особенно высокие уровни пигментов отмечены в вариантах опыта с редькой масличной и горохом, где содержание Хл (a+b) в расчете на единицу сырой массы листа превысило контроль на 10,4% - 11,7%, а каротиноидов – до 12,1%. При этом не обнаружено изменений в соотношении хлорофилловых пигментов (Хл a/Хл b), которое во всех вари-

антах опыта варьировало около 3,0.

При проведении данного анализа в период «бутонизация-цветение» установлено, что применение сидеральных культур способствовало снижению содержания суммарного хлорофилла (Хл (a+b)) и каротиноидов в листьях льна. При этом в большинстве случаев не обнаружено их влияния на соотно-

шение $Xл\ a/Xл\ b$, которое во всех вариантах опыта варьировало около 3,0. Отношение $Xл\ (a+b)/\text{каротиноиды}$ варьировало на уровне 4,0. Полученные результаты о снижении содержания фотосинтетических пигментов ($Xл$ и каротиноидов) в листьях льна масличного свидетельствуют об ускорении созревания растений под влиянием сидеральных культур.

Влияние сидеральных культур на содержание фотосинтетических пигментов в стеблях льна масличного в фазе «бутониза-

ция - цветение» представлено на рисунке 2. Обнаружено возрастание уровня ($Xл\ (a+b)$) в стеблях льна во всех вариантах опыта на 7,2-24,1% по отношению к контролю. Данная тенденция сохранилась и при анализе содержания каротиноидов. Увеличение содержания фотосинтетических пигментов в стеблях льна свидетельствует о переносе фотосинтетической функции на нелистовые фотосинтезирующие органы (стебли) растений льна.

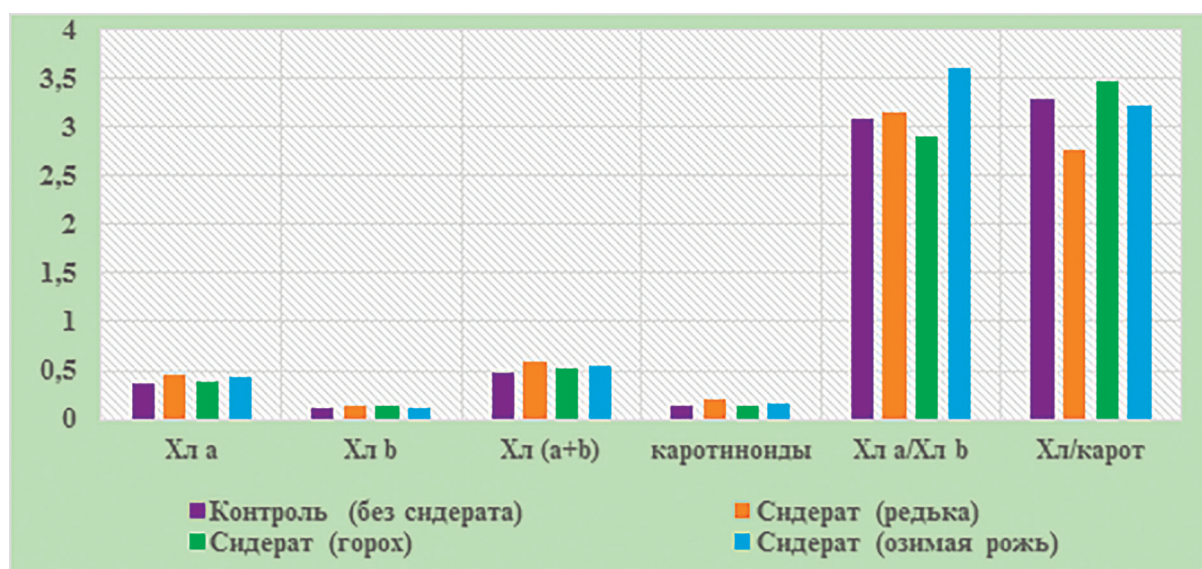


Рисунок 2. Влияние новых технологических приемов на содержание фотосинтетических пигментов в стеблях растений льна масличного (мг/г сырой массы) в фазе «бутонизация-цветение»

Измерение содержания конечных продуктов перекисного окисления липидов (ПОЛ), т.н. ТБК-продуктов, является одним из наиболее известных и распространенных методов оценки активности окислительных процессов в растениях. Активные формы кислорода (АФК) вызывают перекисное окисление ненасыщенных жирных кислот с образованием α , β -ненасыщенных альдегидов, таких как 4-гидроксиноненал и МДА. Эти продукты рассматриваются в качестве маркеров окислительного стресса. Колориметрическая реакция МДА с ТБК позволяет спектрофотометрически оценивать активность ПОЛ.

В таблице 6 представлены результаты определения активности ПОЛ в листьях растений льна масличного в фазе «елочка».

Обнаружено, что применение сидеральных культур не приводило к активации процессов окисления мембранных липидов в листьях льна. Снижение уровня ПОЛ относительно контроля отмечено во всех изученных вариантах. Определение активности ПОЛ в листьях растений льна масличного в фазе «бутонизация - цветение» также выявило снижение показателя в листьях льна в результате применения сидеральных культур. Полученные результаты свидетельствуют о стабилизации окислительных процессов в листьях растений льна под действием новых технологических приемов, что является проявлением повышения устойчивости растений в посевах за счет формирования адаптивных реакций на уровне синтеза защитных белков и метаболитов.

Таблица 6 – Влияние новых технологических приемов на содержание продуктов перекисного окисления липидов (МДА) в листьях растений льна масличного (мг/г сырой массы) в фазе «елочка»

| № п/п | Варианты | Содержание МДА, нмоль/мг сырой массы |
|-------|-------------------------|--------------------------------------|
| 1 | Контроль (без сидерата) | 1,55±0,09 |
| 2 | Сидерат (бобовые) | 1,39±0,07* |
| 3 | Сидерат (крестоцветные) | 1,54±0,03 |
| 4 | Сидерат (озимая рожь) | 1,43±0,06* |

Примечание – *различия достоверны при $P \leq 0,05$

Проведенный анализ морфоструктуры растений льна масличного на стадии «зеленой спелости» показал (табл. 7), что сидеральные культуры не оказывали заметного влияния на высоту растений, массу и коли-

чество побегов, за исключением варианта с применением редьки масличной, где отмечено увеличение массы растения и количества побегов на 11,6-11,8% по сравнению с контролем.

Таблица 7 – Влияние сидеральных культур на морфоструктуру растений льна масличного на стадии «зеленой спелости»

| Вариант | Высота растения, см | Масса, г | Количество побегов (ветвление соцветий 1-го порядка), шт. |
|-------------------------|---------------------|-----------|---|
| Контроль (без сидерата) | 55,70±1,36 | 3,74±0,21 | 5,00±0,00 |
| Сидерат (бобовые) | 54,80±1,11 | 2,92±0,39 | 4,80±0,33 |
| Сидерат (крестоцветные) | 56,00±0,84 | 4,32±0,34 | 5,90±0,41* |
| Сидерат (озимая рожь) | 54,00±0,92 | 3,84±0,32 | 5,20±0,29 |
| НСР _{0,5} | 0,45 | 0,29 | 0,24 |

В результате изучения содержания фотосинтетических пигментов в стеблях льна на стадии «зеленой спелости» установлено, что большинство сидеральных культур способствовало повышению суммарного содержания хлорофилловых пигментов, за исключением варианта с применением гороха в качестве сидеральной культуры, при котором содержание пигментов снижалось на 14,8% (табл. 8). При этом количество каротиноидов в стеблях льна масличного

также увеличивается. Интересно отметить, что соотношение хлорофилловых пигментов (Хл *a*/Хл *b*) в стеблях льна масличного существенно возрастает по сравнению с листьями (табл. 5) за счет возрастания в 2-3 раза содержания Хл *a* и составляет 5,6-7,16 относительно 3,0 в листьях, что отражает изменение стехиометрии пигмент-белковых комплексов в фотосинтетических мембранах этих нелистовых органов и требует специального изучения.

Таблица 8 – Количество фотосинтетических пигментов в стеблях льна масличного, мг /г сырой массы

| Варианты | Хл a | Хл b | Хл $(a+b)$ | Каротиноиды | Хл a /Хл b | Хл $(a+b)$ /каротиноиды |
|-------------------------|-------------|-------------|--------------|--------------|----------------|-------------------------|
| Контроль (без сидерата) | 0,195±0,01 | 0,035±0,001 | 0,230±0,011 | 0,071±0,005 | 5,60±0,07 | 3,27±0,39 |
| Сидерат (бобовые) | 0,168±0,01 | 0,027±0,002 | 0,196±0,011 | 0,074±0,006 | 6,19±0,01 | 2,66±0,08 |
| Сидерат (крестоцветные) | 0,239±0,001 | 0,042±0,002 | 0,281±0,003* | 0,110±0,003* | 5,69±0,22 | 2,53±0,04 |
| Сидерат (озимая рожь) | 0,235±0,003 | 0,033±0,003 | 0,268±0,007* | 0,090±0,005 | 7,16±0,63 | 2,97±0,07 |

Примечание – *различия достоверны при $P \leq 0,05$

Определение содержания фотосинтетических пигментов в коробочках льна на фазе «зеленой спелости» показало (табл. 9), что все сидераты способствовали повышению содержания суммарного Хл $(a+b)$.

Таблица 9 – Количество фотосинтетических пигментов в коробочках льна масличного, мг /г сырой массы

| Варианты | Хл a | Хл b | Хл $(a+b)$ | Каротиноиды | Хл a /Хл b | Хл $(a+b)$ /каротиноиды |
|-------------------------|-------------|-------------|-------------|--------------|----------------|-------------------------|
| Контроль (без сидерата) | 0,106±0,005 | 0,013±0,001 | 0,119±0,006 | 0,035±0,001 | 7,94±0,32 | 3,44±0,25 |
| Сидерат (бобовые) | 0,110±0,001 | 0,018±0,0 | 0,129±0,001 | 0,042±0,001* | 5,98±0,12 | 3,08±0,11 |
| Сидерат (крестоцветные) | 0,121±0,002 | 0,012±0,0 | 0,133±0,002 | 0,044±0,0* | 10,32±0,51 | 3,03±0,06 |
| Сидерат (озимая рожь) | 0,110±0,004 | 0,013±0,0 | 0,122±0,004 | 0,040±0,002 | 8,72±0,2 | 3,08±0,05 |

Примечание – *различия достоверны при $P \leq 0,05$

Установлено стимулирующее действие изученных препаратов на биосинтез каротиноидов в коробочках льна масличного. Соотношение (Хл a / Хл b) в коробочках льна масличного, так же как и в стеблях, оказалось значительно выше, чем в листьях и составило от 5,98 до 10,32 при использовании сидератов и 7,94 – в контроле, что отражает изменение структуры фотосинтетических мембран в хлоропластах этих нелистовых органов растений льна.

В результате проведенных исследований установлено, что наиболее эффективной сидеральной культурой при возделывании льна масличного являлась редька масличная. Эф-

фективность ее применения проверена в производственном опыте. Урожайность маслосемян составила 22,0 ц/га (+12,2% к контролю). Получена денежная выручка в размере 1524,60 руб./га (+277,2 руб. к контролю). Рентабельность производства составила 53,8 %.

Выводы. Проведена оценка эффективности влияния сидеральных культур на рост и развитие растений льна масличного, включая аппарат фотосинтеза и окислительные процессы. Полевая всхожесть и выживаемость растений не превышали контрольный вариант и составили 82,5-85,0% и 79,5-81,0% соответственно.

Установлено повышение урожайности семян, количества коробочек, массы 1000 семян и сбора масла при применении сидеральных культур. При этом значение показателя содержания масла изменялось несущественно в пределах 46,5-47,6% при значении в контрольном варианте – 47,2%.

Проведен анализ морфоструктуры растений в фазу «елочка» и период «бутонизация-цветение». В двух анализируемых периодах отмечено увеличение длины растения и проростка во всех изученных вариантах, а также их общей массы. При этом наиболее высокие результаты получены при использовании в качестве сидеральной культуры редьки масличной.

Применение сидеральных культур способствовало повышению содержания суммарного хлорофилла (Хл ($a+b$)) и каротиноидов в листьях льна во всех изученных вариантах в фазе «елочка». В период «бутонизация-цветение» отмечалось снижение данных показателей, за исключением варианта с применением редьки масличной. Полученные результаты свидетельствуют об ускорении созревания растений под влиянием сидеральных культур. При анализе содержания фотосинтетических пигментов в стеблях в этот период обнаружено возрастание уровня (Хл ($a+b$)) и каротиноидов во всех вариантах опыта на 7,2-24,1% и 1,4-46,9% по отношению к контролю соответственно. Полученные результаты свидетельствуют о переносе фотосинтетической функции на нелистовые фотосинтезирующие органы (стебли) растений льна.

Проведенный анализ морфоструктуры растений льна масличного на стадии «зе-

ленной спелости» показал, что сидеральные культуры не оказывали заметного влияния на высоту растений, массу и количество побегов, за исключением варианта с применением редьки масличной, где отмечено увеличение массы растения и количества побегов на 11,6-11,8% по сравнению с контролем. Анализ пигментных показателей в стеблях и коробочках льна на стадии «зеленой спелости» показал, что все сидеральные культуры также способствовали повышению суммарного содержания хлорофилловых пигментов и каротиноидов в этих нелистовых органах.

Установлено, что в фазе «елочка» применение сидеральных культур способствовало снижению активности ПОЛ относительно контроля во всех изученных вариантах, что свидетельствует о стабилизации окислительных процессов в листьях растений льна под действием новых технологических приемов.

В результате проведенных исследований установлено, что наиболее эффективной сидеральной культурой при возделывании льна масличного являлась редька масличная. Эффективность ее применения проведена в производственном опыте. Урожайность маслосемян составила 22,0 ц/га (+12,2% к контролю). При уровне производственных затрат в базовом варианте – 968,36 руб./га, в предлагаемом – 991,06 руб./га себестоимость 1 тонны маслосемян составила 537,98 руб. и 450,48 руб. соответственно. Получена денежная выручка в размере 1524,60 руб./га (+277,2 руб. к контролю). Рентабельность производства составила 53,8 %.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Берзин А.М., Шпедт А.А. Зеленое удобрение в Красноярском крае // Земледелие. – 2001. – №5. – С. 13.
2. Довбан К.И. Применение сидератов в качестве промежуточных культур: рекомендации. – Белнаучцентрформмаркетинг АПК. – 2001. – 48 с.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – Москва: Агропромиздат, 1985. – 352 с.
4. Калашников Ю.А., Балахнина Т.И., Бенничели Р.П. Активность антиокислительной системы и интенсивность перекисного окисления липидов в растениях пшеницы в связи с сортовой устойчивостью к переувлажнению почвы // Физиология растений. – 1999. – Т. 46. – Вып. 2. – С. 268-275.
5. Наумов А.Д., Никитин А.Д., Жданович В.П. Сидеральные культуры – состав-



ляющий элемент экологически чистого ресурсосберегающего земледелия // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2012. – №2. – С. 79-82.

6. Пискунова Х.А., Федорова А.В., Ершова Т.С. Сидеральные предшественники, удобрения и урожайность озимой пшеницы // Земледелие. – 2012. – № 2. – С.20-21.

7. Репьев С.И., Курлович Б.С. Сидераты (зелёное удобрение для огородников и фермеров). – Санкт-Петербург, 1993. – 4 авт. л.

8. Рожмина Т.А., Жученко А.А., Понажев В.П., Сорокина О.Ю., Куземкин И.А. Инновационные приемы производства экологиче-

ски безопасных семян масличного льна // Достижения науки и техники АПК. – 2016. – Т. 30. – № 11. – С.54-56.

9. Турусов В.И., Богатых О.А., Дронова Н.В. Сидеральные пары как основной способ биологизации севооборотов в почвенно-климатических условиях Юго-Востока ЦЧЗ // Материалы XI международного симпозиума НП «Содружество ученых агрохимиков и агроэкологов», 2017. – С.168-173.

10. Шлык А.А. Определение хлорофилла и каротиноидов в экстрактах зеленых листьев // Биохимические методы в физиологии растений. – М.: Наука, 1971. – С. 154-170.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Маргарита Евгеньевна Маслинская, кандидат с.-х. наук, доцент, ученый секретарь, Республиканское научное дочернее унитарное предприятие «Институт льна», д. 27, ул. Центральная, аг. Устье, Республика Беларусь, 211003, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8960-6460>, e-mail: mme-83@tut.by

Кабашникова Людмила Федоровна, член-корреспондент Национальной академии наук Беларуси, доктор биологических наук, доцент, заведующий лабораторией прикладной биофизики и биохимии, Государственное научное учреждение «Институт биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси», д. 27, ул. Академическая, г. Минск, Республика Беларусь, 220072

Савельев Николай Степанович, кандидат с.-х. наук, доцент, заместитель директора по инновационной работе, Республиканское научное дочернее унитарное предприятие «Институт льна», д. 27, ул. Центральная, аг. Устье, Республика Беларусь, 211003

Черехуина Елена Валерьевна, кандидат с.-х. наук, заведующий лабораторией качества льнопродукции, Республиканское научное дочернее унитарное предприятие «Институт льна», д. 27, ул. Центральная, аг. Устье, Республика Беларусь, 211003

Margarita E. Maslinskaya, PhD in Agricultural Sciences, associate professor, scientific secretary, Republican Scientific Subsidiary Unitary Enterprise «Institute of Flax», 27, Central str., ag. Ustye, Republic of Belarus, 211003, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8960-6460>, e-mail: mme-83@tut.by

Lyudmila F. Kabashnikova, Corresponding Member of the National Academy of Sciences of Belarus, DSc in Biological Sciences, associate professor, head of the laboratory of applied biophysics and biochemistry, State Scientific Institution «Institute of Biophysics and Cell Engineering of the National Academy of Sciences of Belarus», 27, Akademicheskaya st., Minsk, Republic of Belarus, 220072

Nikolay S. Savelyev, PhD in Agricultural Sciences, associate professor, deputy director for innovation, Republican Scientific Subsidiary Unitary Enterprise «Institute of Flax», 27, Central str., ag. Ustye, Republic of Belarus, 211003

Elena V. Chereuchina, PhD in Agricultural Sciences, head of the flax products quality laboratory, Republican Scientific Subsidiary Unitary Enterprise «Institute of Flax», 27, Central str., ag. Ustye, Republic of Belarus, 211003