

16. Михайловская, Н. А. Количественная оценка активности калиймобилизующих бактерий и их эффективность на посевах озимой ржи / Н. А. Михайловская // Весці НАН Беларусі. Серыя аграрных навук. – 2006. – № 3. – С. 41–46.

17. Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве / НПЦ НАН Беларусі по земледелию, Ин-т защиты растений; ред. Ф. Буга. – Несвиж: Несвиж. укрупн. тип. им. С. Будного, 2007. – 508 с.

18. Влияние микробной композиции и ее компонентов на рост, развитие и урожайность сельскохозяйственных культур / Н. А. Михайловская [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2017. – № 2(59). – С. 166– 176.

## **EFFECT OF RHIZOBACTERIA *A. BRASILENSE* AND *B. CIRCULANS* ON YIELD, QUALITY AND PHYTOPATHOLOGY STATUS OF GRAIN CROPS UNDER GROWING ON ERODED SOILS**

**N. A. Mikhailouskaya, N. N. Tsybulko, D. V. Voitka, C. A. Kasyanchyk,  
A. M. Ustinova, T. B. Barashenko, S. V. Dyusova**

### **Summary**

Testing of monoinoculants (*A. brasilense*, *B. circulans*) and binary inoculant (*A. brasilense* + *B. circulans*) in field experiment on eroded sod-podzolic soils for grain crops growing (winter wheat, spring barley, winter rye and winter triticale) revealed some regularities of their action. It was found that sow treatment is effective technique of rhizobacteria application for spring and winter grain crops. Mono- and binary inoculation provided effective biological control of plant's root infections and resulted in the increase of grain yields and grain's quality. As a rule the inoculation efficiency on eroded soils exceeded that on watershed. Binary inoculation was more effective technique compared application of rhizobacteria monoinoculants.

*Поступила 16.10.20*

УДК 631.81:631.85:631.445

## **ЖИРНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ МАСЛА ЛЬНЯНОГО ПРИ ПРИМЕНЕНИИ РАЗНЫХ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ**

**Г. В. Пироговская, С. С. Хмелевский, В. И. Сороко,  
Г. Г. Карпович, В. Н. Ефимчик,**

*Институт почвоведения и агрохимии,  
г. Минск, Беларусь*

### **ВВЕДЕНИЕ**

По данным Национального статистического комитета Республики Беларусь посевные площади в сельскохозяйственных организациях, включая и крестьянские (фермерские) хозяйства со льном масличным (лен-кудряш) составляли в

2017 г. – 1,8 тыс. га, в 2018 г. – 1,4 тыс. га, в 2020 г. – 1,6 тыс. га (для сравнения со льном-долгунцом – от 46,2 до 49,3 тыс. га). Урожайность семян в эти годы в среднем по республике была на уровне 5,6; 5,0 и 8,5 ц/га (максимальная урожайность – 9,1 ц/га – получена в Брестской области), со льном-долгунцом – от 3,2 до 4,1 ц/га. Семена льна масличного содержат в своем составе жиры, что позволяет их использовать для получения растительного масла, которое является важным продуктом питания и сырьем для химической промышленности.

В настоящее время на потребительском рынке пищевых растительных масел льняное уступает более дешевым подсолнечному, рапсовому, кукурузному, которые проще хранить и транспортировать. В развитых странах потребление льняного масла постоянно растет. Мировая медицина утверждает, что льняное масло – путь к оздоровлению нашего питания [1]. Известно, что льняное масло холодного отжима содержит 72,9–76,4 % полиненасыщенных жирных кислот, в том числе 56,9–63,5 % альфа-линоленовой (омега-3) и 12,6–16,0 % линолевой (омега-6) кислот [2, 3].

Согласно ГОСТ 30623-98 [4], содержание жирных кислот в льняном масле должно составлять: линоленовой кислоты С18:3 – 30,0–67,0 %, олеиновой С 18:1 – 13,0–36,0, линолевой С 18:2 – 8,3–30,0 %, пальмитиновой С 16:0 – 5,4–11,3, стеариновой С 18:0 – 2,5–8, арахисовой С 22:0 – 0,4–1,0, эруковой С 22:1 – до 0,6, бегеновой С 22:0 – до 0,5, пальмитолеиновой С16:1 – до 0,1 %.

Рекомендуемая медицинская норма потребления растительного масла на 1 взрослого человека в год, согласно данным Института питания Академии медицинских наук, составляет 10,95 л, для пожилых людей – 20 л. В России среднее потребление растительного масла на 1 человека – около 16 л/год, в Республике Беларусь, по данным Белстата, – около 9,6 л/год растительного масла, в том числе около 80 % рынка потребления занимает импортное масло (67 % – подсолнечное, 6 % – соевое, 1 % – рапсовое и около 6 % – другие масла). В среднем в республике производится 5,0 л/год на человека рапсового масла, которое используется как на продовольственные, так и технические нужды, а также на экспорт (экспорт из Беларуси в Китай в 2016 г. составил 1,3 тыс. т).

Многочисленными исследованиями установлено, что вследствие среднего уровня продуктивности возделываемых сортов льна масличного, необходима разработка и подбор агротехнических приемов его возделывания, положительно влияющих на рост и развитие этой культуры, урожайность и качество семян и масла [5–7].

В современных условиях ведения сельскохозяйственного производства в Республике Беларусь под лен масличный применяются в основном стандартные формы минеральных удобрений (азотные, фосфорные и калийные).

Для повышения продуктивности льна-кудряша и увеличения урожайности маслосемян необходима научно обоснованная система применения макро-, и микроэлементов, физиологически активных веществ или регуляторов роста растений, т. е. усовершенствование технологии его возделывания с применением комплекса известных и новых агротехнических приемов (новых форм удобрений, перспективных сортов, защитно-стимулирующих составов для обработки семян, средств защиты растений, физиологически активных веществ и др.), утвержденных Госкомиссией и внесенных в «Государственный реестр средств защиты растений (пестицидов) и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики

Беларусь». [8]. Это позволит повысить внутреннее потребление растительного масла, снизить затраты на импортозамещение и в целом повысить рентабельность возделывания льна масличного.

Учеными Института почвоведения и агрохимии совместно с ОАО «Гомельский химический завод» разработаны гранулированные комплексные удобрения с микроэлементами для основного внесения в почву и удобрения жидкие комплексные для некорневых подкормок по вегетирующим растениям льна масличного и льна-долгунца.

Изучение влияния новых форм удобрений жидких комплексных с модифицирующими добавками при применении в качестве некорневых подкормок по вегетирующим растениям льна масличного, установление их действия на качество семян, содержание и сбор масла, его жирнокислотный состав явилось целью наших исследований.

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

*Объекты исследований:* лен масличный; дерново-подзолистая легкосуглинистая почва.

*Предмет исследований* – смесь стандартных удобрений (Nm – карбамид, Pca – аммонизированный суперфосфат, Kx – калий хлористый), новые формы жидких удобрений (NS, NK, PK, NPK – бесхлорных и хлорсодержащих; без добавок и с добавками микроэлементов и регуляторов роста растений – Экосил, Эпин и Экогум).

*Место проведения исследований* – ОАО «Гастелловское» Минского района (полевые опыты на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве – 2018–2020 гг.).

В 2018–2019 гг. исследования проводили в полевых опытах со льном масличным сорта Илим, в 2020 г. – с сортом Фокус.

Схема полевых опытов во все годы исследований была одинаковой (табл. 2, 3). Повторность вариантов четырехкратная, общий размер делянки – 27 м<sup>2</sup>, учетная – 10 м<sup>2</sup>, размещение делянок рендомизированное. Предшественники: 2018 и 2019 гг. – пшеница яровая, 2020 г – гречиха.

Полевые опыты со льном масличным проводили на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве с высоким уровнем плодородия, агрохимические показатели (Апах) представлены в табл. 1.

Таблица 1

### Агрохимическая характеристика дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы (средние данные по полю за 2018, 2019 и 2020 гг.)

Год	рН	Гумус	Содержание, мг/ кг почвы							
			N-NO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	Cu	Zn	Mn
2018	6,02	1,95	9,95	592	351	1374	135	3,41	3,18	3,55
2019	5,51	1,90	10,20	470	314	1100	92	3,55	3,36	3,90
2020	6,26	2,85	13,46	547	402	1347	90	3,40	3,21	3,50

В полевом опыте твердые формы удобрений вносили вручную, жидкие – с помощью ранцевых опрыскивателей, равномерно по всей площади делянки.

Все работы по обработке почвы, севу, уходу за посевами выполняли в оптимальные сроки (с учетом метеорологических условий) и в течение одного дня на всех повторениях полевых опытов.

Агротехника возделывания льна масличного общепринятая для Республики Беларусь [9].

Уход за посевами (обработка посевов против сорняков, вредителей и болезней) проводилась разрешенными препаратами, которые внесены в «Государственный реестр средств защиты растений (пестицидов) и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь» [8].

Исследования проводили согласно существующим методикам по закладке полевых опытов [10]. Почвенные образцы отбирали в полевых опытах из пахотного горизонта почвы, в которых определяли агрохимические показатели следующими методами:

- гумус – по методу И. В. Тюрина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213-84);
- обменная кислотность рН (KCl) – потенциометрическим (ГОСТ 26483-85);
- содержание подвижного фосфора – по Кирсанову на фотоэлектроколориметре (ГОСТ 26207-84);
- содержание подвижного калия – по Кирсанову на пламенном фотометре (ГОСТ 280207-84);
- кальций и магний на атомно-абсорбционном спектрофотометре;
- микроэлементы (Cu, Zn, Mn) – в 1 М HCl, методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии [11]
- отбор проб – ГОСТ 26483-85.

Отбор растительных образцов (основной и побочной продукции) и их анализ проводили согласно существующим ГОСТ и ОСТ:

- отбор растительных проб – ГОСТ 18691-83;
- сухое вещество – весовым методом.

Определение содержания масла, омега кислот и протеина – на приборе INFRANEO, содержание масла в семенах – по ГОСТ 30623-98 [4].

Жирнокислотный состав масла – по ГОСТ 30418-96 «Масла растительные». Метод определения жирнокислотного состава – на газовом хроматографе.

Гидротермический коэффициент (ГТК) определялся по формуле Г. Т. Селянинова:

$$\text{ГТК} = (\Sigma X \cdot 10) / \Sigma T,$$

где  $\Sigma X$  – сумма атмосферных осадков за период;  $\Sigma T$  – сумма положительных температур воздуха за тот же период.

Статистическая обработка результатов исследований проведена по Б. А. Доспехову с использованием соответствующих программ дисперсионного анализа на персональном компьютере, наименьшая существенная разность рассчитывалась с помощью компьютерной программы Excel [10].

Температура воздуха и осадки приведены по данным наблюдений Гидрометцентра и лизиметрической станции РУП «Институт почвоведения и агрохимии» (г. Минск).

Влияние удобрений жидких минеральных на выход масла и его жирнокислотный состав изучалось в годы с различными погодными условиями (2018–2020 гг.) в течение вегетационных периодов, отличающихся от среднееголетних, что сказывалось на этих показателях. Согласно гидротермическому коэффициенту,

который характеризует суммарное воздействие влаги и тепла на рост и развитие растений и формирование урожая, вегетационные периоды возделывания льна масличного (5–8 месяц) на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве (ОАО «Гастеловское» Минского района) характеризовались в 2018 и 2019 как слабозасушливые (ГТК = 1,13; 1,16), а в 2020 г. – как оптимальный (ГТК = 1,47), при среднемноголетнем – 1,63. Однако в течение вегетационных периодов ГТК по месяцам изменялся в пределах: 2018 г. – от 0,64 до 2,69; 2019 г. – 0,78–1,70; 2020 г. – 0,18–1,65, при среднемноголетнем – от 1,55 до 2,91.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ОБСУЖДЕНИЕ

Известно, что масличность семян является наследственным признаком. Согласно литературным источникам, лен масличный, который возделывается в зоне умеренного климата, содержит 30–52 % масла. При этом следует учитывать, что содержание масла в семенах масличных культур на дерново-подзолистых почвах в Беларуси изменяется в зависимости от погодных условий, сортовых особенностей культуры, гранулометрического состава почв, но в целом этот показатель находится в пределах значений, характерных для данной культуры.

В условиях 2018 г. содержание масла в семенах льна масличного сорта Илим в вариантах опыта изменялось от 42,4 до 44,0 %. При этом наибольшее содержание масла отмечалось в контрольном варианте. При применении удобрений обеспечивалась тенденция снижения содержания масла. Так, в вариантах с использованием удобрений в основное внесение содержание масла находилось в пределах от 43,0 до 43,6 %, со средним содержанием по блоку – 43,3 %, в вариантах с применением NPK в основное внесение с некорневыми подкормками в период вегетации льна – 42,4–43,6, со средним содержанием – 42,7 %, в вариантах с дробным внесением азотных удобрений ( $N_{40}P_{40}K_{80}$  – в основное внесение и  $N_{20}$  – в подкормку) – 43,1–43,6, со средним содержанием по блоку – 43,4 %. Снижение содержания масла в семенах льна масличного в вариантах с применением удобрений связано, вероятно, с более высокой урожайностью по сравнению с контролем (табл. 2).

В 2019 г. содержание масла в семенах льна масличного изменялось от 42,7 до 46,2 %, в том числе в блоке с применением удобрений в основное внесение – 45,6 %, с применением NPK в основное внесение и некорневыми подкормками в период вегетации льна – 44,4 %, с дробным внесением азотных удобрений – 45,3 %. Следует отметить, что содержание масла в семенах в 2019 г. самое высокое, в большинстве вариантов в 1,1 раза выше, чем в 2018 и 2020 гг.

В 2020 г. содержание масла в семенах по блоку 1 составило 43,4 %, по блоку 2 – 42,9 %, блоку 3 – 43,0 % соответственно. В среднем за три года данный показатель составил 44,1; 43,3 и 43,9 % (табл. 2).

Сбор масла из семян сорта Илим в условиях 2018 г. составлял 7,8 ц/га на контроле, 10,4–11,9 ц/га – в блоке с применением удобрений в основное внесение (среднее по блоку – 11,0 ц/га), 10,7–12,5 ц/га – с некорневыми подкормками на фоне NPK (среднее – 11,6 ц/га), 9,8–11,5 ц/га – в блоке с дробным внесением азотных удобрений (среднее – 10,8 ц/га). Наиболее эффективными были варианты с использованием в некорневую подкормку бесхлорного жидкого комплексного удобрения марки 5–7–10 с микроэлементами на фоне внесения перед посевом комплексного

НПК удобрения с В, Zn, Fe, а также жидкого комплексного бесхлорного удобрения марки 5–7–10 с микроэлементами и Эпином и удобрения монофосфат калия с микроэлементами на фоне внесения перед севом смеси стандартных туков, обеспечившие сбор масла – 12,5 ц/га, 12,0 и 12,2 ц/га соответственно (табл. 2).

В 2019 г. сбор масла из семян сорта Илим изменялся по вариантам опыта от 8,1 ц/га (контроль) до 9,4–12,1 ц/га (варианты с удобрениями), с близкими средними значениями по блокам – 10,6–10,9 ц/га. Наиболее эффективными в условиях 2019 г. были варианты с применением в качестве некорневой подкормки жидкого комплексного бесхлорного удобрения марки 5–7–10 с микроэлементами на фоне внесения перед посевом комплексного NPK удобрения с В, Zn, Fe, а также жидкого комплексного бесхлорного удобрения марки 5–7–10 с микроэлементами и регулятором роста растений Экосил и жидкого комплексного бесхлорного удобрения марки 5–7–10 с микроэлементами на фоне внесения перед севом смеси стандартных туков, обеспечившие сбор масла – 11,5 ц/га, 12,1 и 11,4 ц/га соответственно.

В условиях 2020 г. сбор масла из семян сорта Фокус в 2,1–2,9 раза был ниже, чем в предыдущие 2018 и 2019 гг., и составлял: на контроле – 2,8 ц/га, в блоке с удобрениями для основного внесения в почву – 3,7–4,5 ц/га, с некорневыми подкормками на фоне NPK – 4,1–5,4 ц/га, в блоке с дробным внесением азота – 4,0–4,6 ц/га, со средними значениями по блокам – 4,0; 4,8 и 4,3 ц/га соответственно. Наиболее эффективными вариантами, обеспечившими наибольший сбор масла (4,9–5,4 ц/га), были варианты с некорневыми подкормками: жидким комплексным бесхлорным удобрением марки 5–7–10 с микроэлементами на фоне внесения перед посевом комплексного NPK удобрения с В, Zn, Fe; жидкими комплексными бесхлорными удобрениями марки 5–7–10 с микроэлементами и регуляторами роста растений Экосил, Экогум и Эпин, а также удобрением калия монофосфатом с микроэлементами на фоне внесения перед севом смеси стандартных туков.

В среднем за 2018–2020 гг. сбор масла в вариантах опыта составлял от 6,2 ц/га (контроль) до 8,1–9,6 ц/га (варианты с удобрениями). При этом в среднем по блокам сбор масла изменялся от 8,5 до 9,0 ц/га. Самыми эффективными по итогам трехлетних исследований были варианты, аналогичные 2020 г. (за исключением жидкого комплексного бесхлорного удобрения марки 5–7–10 с микроэлементами и регулятором роста растений Экогум), обеспечившие сбор масла на уровне 9,2–9,6 ц/га (табл. 2).

Использование маслосемян на пищевые или технические нужды зависит от состава жирных кислот, их соотношения преимущественно между насыщенными (пальметиновая, стеариновая), простыми ненасыщенными (олеиновая кислота) и многократно ненасыщенными жирными кислотами (линолевая и линоленовая). Анализ жирнокислотного состава масла и соотношения наиболее ценных жирных кислот в нем показывают, что в годы исследований на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве качество масла по содержанию ненасыщенных и насыщенных жирных кислот находилось в пределах нормы как для сорта Илим, так и сорта Фокус (табл. 3).

В семенах льна масличного сорта Илим, возделываемого в 2018–2019 гг. на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, содержание наиболее ценных жирных кислот изменялось в зависимости от вариантов опыта. Их содержание приводим по блоку 2 (с некорневыми подкормками удобрениями жидкими на фоне  $N_{60}P_{40}K_{80}$ ), который рекомендуется для сельскохозяйственного производства.

Таблица 2

## Влияние удобрений на содержание и сбор масла на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, 2018–2020 гг.

Вариант	Урожайность семян среднее за 2018–2020 гг.)	Минская область								
		2018 г.		2019 г.		2020 г.		среднее за 2018–2020 гг.		
		содержание масла, %	сбор масла, ц/га	содержание масла, %	сбор масла, ц/га	содержание масла, %	сбор масла, ц/га	содержание масла, %	сбор масла, ц/га	
1. Контроль без удобрений	13,8	44,0	7,8	46,1	8,1	44,8	2,8	45,0	6,2	
<b>Удобрения для основного внесения в почву (блок 1)</b>										
2. N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>80</sub> (Nм + Pca + Kx) – фон 1 (базовый 1)	18,3	43,1	10,6	45,8	10,0	43,2	3,7	44,0	8,1	
3. N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>80</sub> (NS без добавок + Pca + Kx)	19,1	43,3	10,4	46,0	10,9	43,4	4,1	44,2	8,4	
4. N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>80</sub> (NS с микроэлементами + Pca + Kx)	20,2	43,6	10,9	46,2	11,8	43,3	4,4	44,4	9,0	
5. N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>80</sub> (NK без добавок + Pca + Kx)	18,5	43,5	10,4	45,6	9,7	43,9	4,5	44,3	8,2	
6. N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>80</sub> (NK с микроэлементами + Pca + Kx)	20,3	43,3	11,9	45,7	10,6	43,2	4,5	44,1	9,0	
7. N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>80</sub> (комплексное НРК с В, Zn, Fe для льна масличного)	20,8	43,0	11,9	44,3	10,9	43,4	4,5	43,6	9,1	
<b>Среднее по блоку с удобрениями</b>	<b>19,3</b>	<b>43,3</b>	<b>11,0</b>	<b>45,6</b>	<b>10,6</b>	<b>43,4</b>	<b>4,0</b>	<b>44,1</b>	<b>8,5</b>	
<b>Некорневые подкормки на фоне N<sub>60</sub>P<sub>40</sub>K<sub>80</sub> (блок 2)</b>										
8. фон 1 + 1-я подкормка в фазу всходов-начало «елочки» (4 л/га) и 2-я в фазу «елочки» (6 л/га) (ЖКУ – хлорсодержащее)	19,2	42,7	10,7	45,1	10,4	42,7	4,1	43,5	8,4	
9. фон 1 + 1-я подкормка в фазу всходов-начало «елочки» (4 л/га) и 2-я в фазу «елочки» (6 л/га) (ЖКУ – бесхлорное)	21,1	42,4	11,4	45,0	11,4	42,7	4,7	43,4	9,2	
9а. N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>80</sub> (НРК с В, Zn, Fe) + 1-я подкормка в фазу всходов-начало «елочки» (4 л/га) и 2-я в фазу «елочки» (6 л/га) (ЖКУ – бесхлорное)	21,9	43,6	12,5	45,1	11,5	42,6	4,9	43,8	9,6	

10. фон 1 + 1-я подкормка в фазу всходов-начало «елочки» (4 л/га) и 2-я в фазу «елочки» (6 л/га) (ЖКУ с Экосилом – бесхлорное)	21,9	42,6	11,8	45,6	12,1	42,9	4,9	43,7	9,6
11. фон 1 + 1-я подкормка в фазу всходов-начало «елочки» (4 л/га) и 2-я в фазу «елочки» (6 л/га) (ЖКУ с Экогумом – бесхлорное)	20,2	42,5	10,8	44,7	10,6	43,2	4,9	43,5	8,8
12. фон 1 + 1-я подкормка в фазу всходов-начало «елочки» (4 л/га) и 2-я в фазу «елочки» (6 л/га) (ЖКУ с Эпином – бесхлорное)	22,2	42,6	12,0	43,5	11,2	43,0	5,4	43,0	9,5
13. фон 1 + 1-я подкормка в фазу всходов-начало «елочки» (4 л/га) и 2-я в фазу «елочки» (6 л/га) (РК без добавок)	19,5	42,4	11,1	42,7	9,4	43,1	4,5	42,7	8,3
14. фон 1 + 1-я подкормка в фазу всходов-начало «елочки» (4 л/га) и 2-я в фазу «елочки» (6 л/га) (РК с В, Zn)	21,3	42,4	12,2	43,8	10,4	43,1	4,9	43,1	9,2
<b>Среднее по блоку</b>	<b>20,9</b>	<b>42,7</b>	<b>11,6</b>	<b>44,4</b>	<b>10,9</b>	<b>42,9</b>	<b>4,8</b>	<b>43,3</b>	<b>9,0</b>
<i>Подкормка азотом в фазу «елочки» (блок 3)</i>									
15. N <sub>40</sub> P <sub>40</sub> K <sub>80</sub> (Nм + Pca + Kx – фон 2) + N <sub>20</sub> (карбамид) – базовый 2	18,6	43,5	10,5	45,1	10,0	43,5	4,0	44,0	8,2
16. фон 2 + N <sub>20</sub> (карбамид) + некорневая В и Zn (в форме сульфатов) в фазу всходов-начало «елочки»	19,7	43,6	11,2	45,3	10,4	42,5	4,5	43,8	8,6
17. фон 2 + N <sub>20</sub> (NS без добавок)	18,7	43,4	10,5	46,1	10,4	42,7	4,1	44,1	8,2
18. фон 2 + N <sub>20</sub> (NS с В и Zn)	20,2	43,1	11,0	45,9	11,3	43,1	4,4	44,0	8,9
19. фон 2 + N <sub>20</sub> (NK без добавок)	18,6	43,4	9,8	44,1	10,1	42,9	4,4	43,5	8,1
20. фон 2 + N <sub>20</sub> (NK с В и Zn)	20,8	43,2	11,5	45,4	11,4	43,5	4,6	44,0	9,2
<b>Среднее по блоку</b>	<b>19,4</b>	<b>43,4</b>	<b>10,8</b>	<b>45,3</b>	<b>10,6</b>	<b>43,0</b>	<b>4,3</b>	<b>43,9</b>	<b>8,5</b>
НСР <sub>05</sub>	1,71								

Таблица 3  
**Содержание и соотношение жирных кислот в льняном масле при возделывании льна масличного на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, 2018–2020 гг.**

Вариант	Насыщенные кислоты (пальмитиновая + стеариновая), %		Простые ненасыщенные: олеиновая (омега-9), %		Многократно-ненасыщенные: линолевая (омега-6) + линоленовая (омега-3), %		Соотношения					
	2018–2019 *	2020 **	2018–2019	2020	2018–2019	2020	2018–2019	2020	2018–2019	2020		
Год												
<i>Некорневые подкормки удобрениями жидкими на фоне <math>N_{60}P_{40}K_{80}</math> на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве (блок 2)</i>												
2. $N_{60}P_{40}K_{80}$ (Nм + Pca + Kx) – фон (базовый)	7,97	8,10	15,37	13,45	76,44	77,44	1,42	1,17	1,06	0,91	0,25	0,21
8. фон 1 + 1-я подкормка в фазу всходов-начало «елочки» (4 л/га) и 2-я в фазу «елочки» (6 л/га), (ЖКУ – хлорсодержащее)	8,00	8,23	15,22	13,27	76,28	77,47	1,34	1,17	1,03	0,91	0,25	0,21
9. фон 1 + 1-я подкормка в фазу всходов-начало «елочки» (4 л/га) и 2-я в фазу «елочки» (6 л/га) (ЖКУ – бесхлорное)	7,79	8,42	15,30	14,18	76,13	76,88	1,38	1,21	1,04	0,94	0,25	0,23
9а. $N_{60}P_{40}K_{80}$ (NPK с B, Zn, Fe) + 1-я подкормка в фазу всходов-начало «елочки» (4 л/га) и 2-я в фазу «елочки» (6 л/га) (ЖКУ – бесхлорное)	7,92	8,23	15,32	13,65	76,42	77,09	1,36	1,11	1,05	0,96	0,25	0,22

10. Фон 1 + 1-я подкормка в фазу всходов-начало «елочки» (4 л/га) и 2-я в фазу «елочки» (6 л/га) (ЖКУ с Экосилом – бесхлорное)	8,00	8,16	15,35	13,48	76,31	77,32	1,32	1,13	1,04	0,94	0,25	0,21
11. Фон 1 + 1-я подкормка в фазу всходов-начало «елочки» (4 л/га) и 2-я в фазу «елочки» (6 л/га) (ЖКУ с Экогумом – бесхлорное)	8,01	8,10	15,72	12,37	75,66	78,50	1,37	1,20	1,10	0,85	0,26	0,19
12. Фон 1 + 1-я подкормка в фазу всходов-начало «елочки» (4 л/га) и 2-я в фазу «елочки» (6 л/га) (ЖКУ с Эпином – бесхлорное)	8,05	8,18	15,74	13,05	75,70	77,73	1,40	1,17	1,12	0,90	0,26	0,21
13. Фон 1 + 1-я подкормка в фазу всходов-начало «елочки» (4 л/га) и 2-я в фазу «елочки» (6 л/га) (РК без добавок)	7,91	8,07	15,42	13,09	76,24	74,01	1,44	1,22	1,09	0,90	0,25	0,22
14. Фон 1 + 1-я подкормка в фазу всходов-начало «елочки» (4 л/га) и 2-я в фазу «елочки» (6 л/га) (РК с В, Zп)	7,72	8,25	15,33	16,39	76,56	77,85	1,32	1,26	1,09	1,12	0,25	0,26
Среднее по блоку (с некорневыми подкормками)	7,92	8,20	15,43	13,68	76,16	77,11	1,37	1,18	1,07	0,94	0,25	0,22

\* Для сорта Илим.

\*\* Для сорта Фокус.

Содержание насыщенных кислот (пальмитиновой + стеариновой) в составе масла из семян Илим в базовом варианте с внесением  $N_{60}P_{40}K_{80}$  без некорневых подкормок в среднем за два года составило 7,97 %, в вариантах с некорневыми подкормками на фоне NPK – от 7,72 до 8,05 %; соответственно простых ненасыщенных (олеиновой) – 15,37 % и 15,22–15,74 %; многократноненасыщенных (линолевой + линоленовой) – 76,44 % и 75,66–76,56 %. Соотношение пальмитиновой к стеариновой изменялось также по вариантам опыта и находилось в пределах от 1,32 до 1,44, а в среднем по блоку 2 – 1,37, олеиновой к линолевой кислоте – 1,03–1,12 (1,07), олеиновой к линоленовой – 0,25–0,26 (0,25).

Содержание жирных кислот и их соотношения в масле, полученном из семян сорта Фокус (2020 г.), следующее: насыщенные кислоты (пальмитиновой + стеариновой) в базовом варианте – 8,10 %, в вариантах с некорневыми подкормками на фоне NPK – от 8,07 до 8,42 %; соответственно простых ненасыщенных (олеиновой) – 13,45 % и 12,37–16,39 %; многократноненасыщенных (линолевой + линоленовой) – 77,44 % и 74,01–78,50 %. Соотношение пальмитиновой к стеариновой находилось в пределах от 1,11 до 1,26, а в среднем по блоку 2 – 1,18, олеиновой к линолевой кислоте – 0,85–1,12 (0,94), олеиновой к линоленовой – 0,19–0,26 (0,22).

Приведенные данные показывают, что существенных различий по содержанию многократноненасыщенных кислот (линолевой и линоленовой) в масле из семян льна сорта Илим и Фокус не отмечается (среднее по блоку – 76,16 и 77,11 %), различия имеются по содержанию олеиновой кислоты (15,43 и 13,68 %) и сумме пальмитиновой и стеариновой (7,92 и 8,20 %), (табл. 3).

Влияние удобрений на жирнокислотный состав льняного масла по средним данным за три года приведено в табл. 4. Содержание жирных кислот в зависимости от вариантов опыта находилось в пределах: линоленовая – от 61,45 до 62,97 %, олеиновая – 13,09–14,58 %, линолевая – 15,04–15,97 %, стеариновая – 3,38–3,81, бегеновая – 0,08–0,12, пальмитиновая – 4,27–4,64 %, эруковая – 0,0–0,08 %. Содержание этих кислот находилось в пределах нормы или ниже нормативного значения (эруковая кислота) и качество масла было в пределах допустимых значений (табл. 4).

## ВЫВОДЫ

1. В среднем за 2018–2020 гг. на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве получена довольно высокая урожайность маслосемян льна масличного при использовании разных форм удобрений при различных способах их внесения: на контроле – 13,8 ц/га, в вариантах с удобрениями – от 18,3 до 22,2 ц/га, с достоверной прибавкой к контролю – от 4,5 до 8,4 ц/га, к базовым вариантам – 1,9–3,9 ц/га. Наиболее эффективными оказались варианты с внесением полной дозы минеральных удобрений в основное внесение в почву с дополнительными некорневыми подкормками различными формами жидких комплексных удобрений (NPK – бесхлорных и преимущественно с добавками микроэлементов и регуляторов роста растений – Эпин и Экосил) и калия монофосфатом (без добавок и с добавками микроэлементов).

Таблица 4

Влияние удобрений на жирнокислотный состав льняного масла на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве (определение по ГОСТ 30418-96), 2018–2020 гг.

Вариант	Массовая доля кислоты, %									
	паль- ми-ти- новая	стеари- новая	олеи- новая	лино- левая	лино- лено- вая	архаи- новая	мери- ти-но- вая	бегено- вая	эруко- вая	лигно- цири- новая
1. Контроль без удобрений	4,53	3,39	13,31	15,66	62,59	0,18	0,02	0,08	0,05	0,07
<i>Удобрения для основного внесения в почву (блок 1)</i>										
2. N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>80</sub> (Nм + Pсa + Kх) – фон 1 (базовый 1)	4,57	3,44	13,76	15,59	62,16	0,18	0,02	0,10	0,04	0,07
3. N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>80</sub> (NS без добавок)	4,56	3,38	13,28	15,37	62,97	0,16	0,02	0,09	0,00	0,07
4. N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>80</sub> (NS с В, Zn)	4,64	3,45	13,09	15,45	62,90	0,24	0,03	0,10	0,00	0,07
5. N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>80</sub> (NK без добавок)	4,61	3,53	13,36	15,51	62,37	0,22	0,03	0,10	0,03	0,08
6. N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>80</sub> (NK с В, Zn)	4,54	3,55	13,49	15,80	62,04	0,22	0,01	0,09	0,07	0,06
7. N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>80</sub> (комплексное NPK с В, Zn, Fe для льна масличного)	4,58	3,55	13,79	15,71	61,74	0,26	0,03	0,09	0,07	0,06
Среднее по блоку	4,58	3,48	13,46	15,57	62,36	0,22	0,02	0,09	0,04	0,07
<i>Некорневые подкормки удобрениями жидкими на фоне N<sub>60</sub>P<sub>40</sub>K<sub>80</sub> (блок 2)</i>										
8. Фон 1 + 1-я подкормка в фазу всходов-начало «елочки» (4 л/га) и 2-я в фазу «елочки» (6 л/га) (ЖКУ – хлорсодержащее)	4,54	3,54	13,47	15,79	61,98	0,27	0,03	0,10	0,07	0,07
9. Фон 1 + 1-я подкормка в фазу всходов-начало «елочки» (4 л/га) и 2-я в фазу «елочки» (6 л/га) (ЖКУ – бесхлорное)	4,55	3,45	13,83	15,97	61,51	0,27	0,01	0,10	0,08	0,07
9а. N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>80</sub> (NPK с В, Zn, Fe) + 1-я подкормка в фазу всходов-начало «елочки» (4 л/га) и 2-я в фазу «елочки» (6 л/га) (ЖКУ – бесхлорное)	4,27	3,81	13,65	15,04	62,18	0,27	0,04	0,10	0,08	0,07
10. Фон 1 + 1-я подкормка в фазу всходов-начало «елочки» (4 л/га) и 2-я в фазу «елочки» (6 л/га) (ЖКУ с Экосилом – бесхлорное)	4,48	3,57	13,56	15,79	62,02	0,27	0,03	0,09	0,07	0,07

Окончание табл. 4

Вариант	Массовая доля кислоты, %									
	паль- ми-ти- Новая	стеари- Новая	олеи- Новая	лино- левая	лино- лено- вая	архаи- Новая	мерис- ти-но- вая	бегено- вая	эруко- вая	лигно- цири- Новая
11. Фон 1 + 1-я подкормка в фазу всходов-начало «елочки» (4 л/га) и 2-я в фазу «елочки» (6 л/га) (ЖКУ с Экогумом – бесхлорное)	4,58	3,48	13,27	15,70	62,25	0,32	0,03	0,09	0,04	0,06
12. Фон 1 + 1-я подкормка в фазу всходов-начало «елочки» (4 л/га) и 2-я в фазу «елочки» (6 л/га) (ЖКУ с Эпином – бесхлорное)	4,59	3,49	13,61	15,42	62,19	0,27	0,02	0,09	0,07	0,07
13. Фон 1 + 1-я подкормка в фазу всходов-начало «елочки» (4 л/га) и 2-я в фазу «елочки» (6 л/га) (РК без добавок)	4,59	3,38	13,44	15,46	62,49	0,26	0,04	0,12	0,07	0,07
14. Фон 1 + 1-я подкормка в фазу всходов-начало «елочки» (4 л/га) и 2-я в фазу «елочки» (6 л/га) (РК с В, Zn)	4,46	3,43	14,58	15,39	61,45	0,33	0,03	0,09	0,07	0,06
Среднее по блоку	4,51	3,52	13,68	15,57	62,01	0,28	0,03	0,10	0,07	0,07
Удобрения для основного внесения в почву + подкормки азотом в фазе «елочка» (блок 3)										
15. N <sub>40</sub> P <sub>40</sub> K <sub>80</sub> (Nm + Pca + Kx – фон 2) + N <sub>20</sub> (карбамид) – базовый 2	4,52	3,45	13,53	15,68	62,21	0,27	0,03	0,09	0,07	0,07
16. Фон 2 + N <sub>20</sub> (карбамид) + некорневая В и Zn (в форме сульфатов) в фазу всходов-начало «елочки»	4,51	3,43	13,50	15,41	62,38	0,32	0,03	0,08	0,07	0,07
17. Фон 2 + N <sub>20</sub> (NS без добавок)	4,56	3,47	13,36	15,57	62,22	0,33	0,03	0,09	0,07	0,06
18. Фон 2 + N <sub>20</sub> (NS с В и Zn)	4,49	3,47	14,40	15,37	61,46	0,27	0,03	0,09	0,06	0,07
19. Фон 2 + N <sub>20</sub> (NK без добавок)	4,53	3,47	13,46	15,51	62,25	0,26	0,03	0,09	0,07	0,06
20. Фон 2 + N <sub>20</sub> (NK с В и Zn)	4,56	3,52	14,10	15,47	61,56	0,27	0,03	0,11	0,06	0,07
Среднее по блоку	4,53	3,47	13,72	15,50	62,01	0,29	0,03	0,09	0,07	0,07

2. Содержание масла в семенах льна масличного изменялось в зависимости от форм и доз вносимых удобрений, а в среднем за три года составило на контроле 45,0 %, в вариантах с удобрениями – от 42,7 до 44,4 %; по блоку 1 с внесением NPK в полной дозе перед посевом – 44,1 %, при сборе масла 8,5 ц/га, с некорневыми подкормками удобрениями жидкими на фоне NPK (блок 2) – 43,3 % и 9,0 ц/га, с дробным внесением азота на фоне PK (блок 3) – 43,9 % и 8,5 ц/га.

3. Содержание жирных кислот в семенах льняного масла, полученного методом холодного отжима, с внесением различных форм удобрений в целом соответствовало ГОСТ 30623-98. Содержание основных полиненасыщенных жирных кислот в среднем за годы исследований составило: линоленовая кислота (омега-3) на контроле – 62,59 %, в вариантах с основным внесением NPK – 62,36 %, при внесении NPK и некорневых подкормок удобрениями жидкими комплексными – 62,01 % и при дробном внесении азотных удобрений – 62,01 %, линолевой (омега-6) – 15,66; 15,57; 15,57 и 15,50, олеиновой (омега 9) – 13,31; 13,46; 13,68 и 13,72 %;

4. Одним из перспективных приемов при возделывании льна масличного является применение в основное внесение комплексных удобрений с добавками микроэлементов, а при их отсутствии – стандартных удобрений в полной дозе с проведением дополнительных некорневых подкормок удобрениями жидкими (комплексными бесхлорными с добавками микроэлементов в хелатной форме и регуляторов роста растений (Эпин или Экосил) или калия монофосфатом) по вегетирующим растениям льна, которые способствуют увеличению продуктивности семян, выходу масла, при этом жирнокислотный состав масла находится на уровне принятых стандартов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ипатова, О. М.* Биологическая активность льняного масла как источника омега-3-альфа-линоленовой кислоты / О. М.Ипатова, Н. Н. Прозоровская // Биомедицинская химия. – 2004. – Т.50. – №1. – С. 25–43.
2. *Едимичева, И. П.* Химический состав и окислительная стабильность льняного масла / И. П. Едимичева, А. А. Сосновская, И. О. Шадыро // Пищевая промышленность: наука и технологии. – 2013. – № 4(22). – С. 99–106.
3. *Шадыро, О. И.* Химический состав и окислительная стабильность масел из семян льна, рапсови пятнистой и их композиций / О. И. Шадыро, А. А. Сосновская, И. П. Едимичева // Пищевая промышленность: наука и технологии. – 2017. – № 2(36). – С. 60–68.
4. Масла растительные и маргариновая продукция. Метод обнаружения фальсификации: ГОСТ 30623-98. – Введ. 01.03. 2000. – Минск: Госстандарт: Беларус. Гос. Ин-т стандартизации и сертификации. – 2011. – 16 с.
5. *Шанбанович, А. Ю.* Характеристика основных показателей белорусских сортов льна масличного по урожайности и качеству маслосемян / А. Ю. Шанбанович // Земледелие и селекция в Беларуси. – Вып. 54. – С. 331–337.
6. *Вакула, С. И.* Обоснование параметров оптимального состава семян льна масличного, выращиваемого в условиях Беларуси / С. И. Вакула // Биологически активные вещества растений – изучение и использование / Biologically active substances of plants – studying and application: материалы Междунар. науч. конф. (29–31 мая 2013 г., г. Минск) / Национальная академия наук Беларуси,

Центральный ботанический сад, Отдел биохимии и биотехнологии растений. – Минск. – 2013. – С. 80–81.

7. *Кондратова, И.* Изучение пищевой ценности и показателей безопасности продуктов переработки льна / И. Кондратова, А. Шевчук, К. Гершончик // Продукт.by: продовольственный торгово-промышленный журнал. – 2013. – № 23. – С. 69–70.

8. Государственный реестр средств защиты растений (пестицидов) и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь. – Минск: Промкомплекс, 2017. – 687 с.

9. Организационно-технологические нормативы возделывания кормовых и технических культур. Сборник отраслевых регламентов / Возделывание льна масличного на семена. – Минск: Беларуская навука, 2012. – С. 348–360.

10. *Доспехов, Б. А.* Методика полевого опыта: (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1979. – 416 с.

11. Практикум по агрохимии: учеб. пособие / И. Р. Вильдфлуш [и др.]; под ред. И. Р. Вильдфлуша, С. П. Кукреша. – Минск: Ураджай, 1998. – 270 с.

## **FATTY-ACID COMPOSITION OF LINSEED OIL WHEN APPLYING DIFFERENT FERTILIZATION SYSTEMS ON SOD-PODZOLIC LIGHT-CLAY SOIL**

**G. V. Pirahouskaya, S. S. Khmelevsky, V. I. Soroko,  
G. G. Karpovich, V. N. Efimchik**

### **Summary**

The article provides data on the study of the effect of different forms of standard and new liquid mineral fertilizers (NS, NK, PK, NPK (chlorine-free) without additives and with the addition of trace elements and plant growth regulators) on the yield, content and collection of oil, its fatty acid composition, when cultivation of oil flax on sod-podzolic light loamy soil. It was found that when cultivating oil flax on sod-podzolic light loamy soil, the most effective fertilization system turned out to be the use of a full dose of mineral fertilizers in the main application to the soil with additional foliar dressing with various forms of liquid complex fertilizers (NPK – chlorine-free and mainly with additives of trace elements and growth regulators plants – Epin and Ecosil) and potassium monophosphate (without additives and with additives of microelements).

*Поступила 04.12.20*