

УДК 675.04:677.027:677.057

**ИЗМЕНЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ЛИПИДОВ МАСЛИЧНОГО
ЛЬНА ПОД ВЛИЯНИЕМ ГЕРБИЦИДОВ — ИНГИБИТОРОВ
АЦЕТИЛКОФЕРМЕНТА А-КАРБОКСИЛАЗЫ**В.Г. ПЕРОВА, Л.Б. ДМИТРИЕВ, С.Л. БЕЛОПУХОВ,
В.М. ЛУКОМЕЦ, В.Л. ДМИТРИЕВА

(РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева)

*Изучено влияние предуборочной обработки гербицидами — ингибиторами ацетилкофермента А-карбоксилазы на состав карбоновых кислот липидов масла льна масличного. Объекты исследований — сорта льна масличного (*Linum usitatissimum* L.) Исток (выведен в Пензенском НИИСХ) и Северный (выведен ГНУ Сибирская опытная станция ВНИИ масличных культур). Опыты проведены 2011–2014 гг. на полевой опытной станции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. В фазе молочно-восковой спелости растения опрыскивали водной эмульсией препарата Тарга-супер, д.в. Хизалофоп-П-этил — (R)-2-[4-(6-[хлоро-2-хиноксалинил)окси]фенокси пропионовой кислоты этиловый эфир. Использовали концентрации 0,15, 0,015 и 0,0015 г/л (по препарату). Контрольные растения опрыскивали водой. Опрыскивание производилось в конце III декады июля, через две недели осуществляли сбор урожая. Семена, после подсушки при 105°C, измельчали в ступке, и масло экстрагировалось в аппарате Сокслета гексаном. Определение химического состава семян проводили методом капиллярной газовой хроматографии. Показано, что при проведении внекорневых обработок растений гербицидом Тарга-супер за две недели до уборки содержание масла в семенах льна масличного увеличивается. Установлена сортоспецифичность растений: содержание масла в семенах льна сорта Северный увеличивается на 2,8–4,2%, а сорта Исток — на 10,5–16,5%. В глицеролипидах льна сорта Северный, в состав которых преимущественно входит линолевая кислота (C18:2), содержание предельных (Sn:0) и моноеновых (Sn:1) кислот практически не меняется. В два раза увеличивается концентрация триеновой (C18:3) — линоленовой кислоты — за счет снижения процентного содержания в липидах линолевой кислоты. У сорта Исток, где в составе липидов преобладает триеновая кислота — линоленовая (C18:3), ее относительное содержание также возрастает. Обработка гербицидом приводит к увеличению содержания в липидах масла льна кислот с большей степенью ненасыщенности. Рекомендованной дозой для обработок растений льна, приводящей к увеличению содержания масла, является 0,015 г/л.*

Ключевые слова: лен, лен масличный, ацетил СоА-карбоксилаза, химический состав семян, жирные кислоты, ГЖХ-МС.

В настоящее время посевные площади масличного льна в сельском хозяйстве разных стран мира составляют 2,6–3,2 млн га, а валовый сбор семян составляет более 2,2 млн т. Основными производителями масличного льна являются Канада, Китай,

США, Россия, Казахстан. За последние 5 лет Россия стала наращивать производство масличного льна, и сегодня посевные площади составляют более 500 тыс. га, что составляет 6% посевных площадей масличных культур, а производство семян, в т.ч. на экспорт, — более 390 тыс. т, что сопоставимо с производством семян масличного льна в Канаде [10]. Следовательно, масличный лен становится динамично развивающейся культурой экспортной направленности, а также может занять достойное место в обеспечении потребности внутреннего рынка страны для производства пищевого и технического масла, жмыхов и шротов для кормопроизводства, а короткое волокно, содержание которого составляет 20–25%, может быть использовано для производства отечественной целлюлозы. Кроме того, из семян льна производят различные биологически активные вещества: токоферолы, фитостерины, лигнаны, при этом семена обладают уникальным макро- и микрокомпонентным составом [1, 2].

Современные сорта масличного льна можно с успехом выращивать в Нечерноземной зоне России. Такие работы с 2010 г. проводятся в РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева на Полевой опытной станции [3, 4]. При этом была поставлена задача использовать обработки льна химическими препаратами, которые позволили бы увеличить содержание масла в семенах, а также сбалансировать жирнокислотный состав. Опыты, проведенные нами ранее, по применению известных и нами синтезированных препаратов для увеличения урожайности и качества льнопродукции позволяют считать данный подход верным [5–8, 11, 12, 20, 23]. Известно, что жирные кислоты синтезируются в пластидах растений из ацетилкофермента при помощи ацетилкофермент А-карбоксилазы, которая является полифункциональным ферментом из класса липаз и превращает ацетил-КоА в малонил-КоА, и синтазы жирных кислот. В полиферментном комплексе, где присутствуют, помимо этих веществ, биотинкарбоксил, переносящий белок, биотинкарбоксилаза, карбоксилтрансферазы и др., проходят и процессы дегидрирования с образованием непредельных кислот [16, 18, 21, 22, 24]. Предполагается, что нарушение баланса в этом комплексе кратковременным действием химических препаратов, например, гербицидов — ингибиторов ацетилкофермента А-карбоксилазы, — в малых концентрациях, может вызвать изменения в интенсивности биосинтеза кислот и их состава в липидах [9].

Материалы и методы

Полевой опыт был заложен в 2011–2014 гг. на Полевой опытной станции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Площадь делянок — 4 м², учетная площадь — 1 м²; повторность опытов — 4-кратная. В фазе молочно-восковой спелости растения опрыскивали водной эмульсией препарата Тарга-супер трех концентраций: 0,15, 0,015 и 0,0015 г/л (по препарату). Формула действующего вещества Тарга-супер — C₁₉H₁₇ClN₂O₄. Название фирменное — Хизалофоп-П-этил, химическое — (R)-2-[4-(6-[хлоро-2-хиноксалинил]окси)фенокси] пропионовой кислоты этиловый эфир.

Контрольные растения опрыскивали водой. Опрыскивание производилось в конце III декады июля, через две недели осуществляли сбор урожая. Семена после подсушки при 105°C измельчали в ступке, и масло экстрагировалось в аппарате Сокслета гексаном.

Почва дерново-подзолистая среднесуглинистая, старопашотная, плотность почвы — 1,53–1,56 г/см³, содержание гумуса (по Тюрину) — 2,5%, P₂O₅ (по Кирсанову) — 170 мг/кг, K₂O (по Масловой) — 95 мг/кг, N легкогидрализуемый (по Тюрину) —

5,0 мг/100 г, емкость поглощения — 19,4 мг-экв/100 г, сумма обменных оснований — 9,7 мг-экв/100 г.

В качестве объекта исследований выбраны сорта льна масличного (*Linum usitatissimum* L.) Исток (выведен в Пензенском НИИСХ) и Северный (выведен ГНУ Сибирская опытная станция ВНИИ масличных культур), все семена — категории РСт.

Перед посевом в почву вносили комплексное удобрение «Кемира полевое — 10», из расчета по азоту (кг/га д.в.), содержание: N — 11,8; P₂O — 12; K₂O — 25; S — 0,7; Ca — 0,55; B — 0,09; Fe — 0,16; Zn — 0,09; Mo — 0,008; Cu — 0,08. Контролировали динамику роста и развития растений.

Количественный и качественный состав компонентов масла определяли в Учебно-научном центре коллективного пользования «Сервисная лаборатория комплексного анализа химических соединений» РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева методом ГЖХ-МС). Условия анализа: капиллярная колонка длиной 30 м, диаметром 0,25 мм; неподвижная фаза ID-BPX70 с толщиной пленки 0,25µm. Скорость газаносителя He — 1,0 мл/мин. Объем пробы — 0,5µl, деление потока — 1:40. Температура инжектора — 250°. Начальная температура термостата колонок 100°C — 2 мин., повышение температуры — до 210°C со скоростью 5°C/мин., изотерма 210°C — 10 мин. Хроматографические детекторы обеспечили получение информации об анализируемых веществах по времени удерживания, амплитуде и площади пиков. Количественное определение компонентов масла проводилось по данным пламенно-ионизационный (t° = 230°C), а их качественный состав по данным масс-спектрометра (t° интерфейса ввода — 180°C, t° источника — 200°C, ионный ток — 1,5 А, энергия электронов — 70 эВ). Масс-спектры всех соединений обрабатывались поисковой системой «NIST» для библиотеки масс-спектров «NIST/EPA/NIH, ver. 2-2005», а окончательное строение соединений, входящих в исследуемые образцы, устанавливалось по индексам удерживания, в соответствии с разработанной ранее библиотекой индексов соответствующих соединений [19].

Повторность анализов трехкратная, уровень значимости доверительного интервала 95%, расчеты проводились с помощью программы «Microsoft Excel».

Результаты и обсуждение

Для обоих исследованных сортов льна за все годы испытаний получили сходные результаты по динамике роста и развития, параметрам фотосинтетической деятельности, накоплению биомассы, морфофизиологическим параметрам.

Пестицид Тарга-супер применяют как высокоэффективный гербицид против злаковых сорняков в посевах льна и многих других сельскохозяйственных культур. В растениях этот препарат с высокой скоростью метаболизируется с образованием хизалофоп-П кислоты, которая способна подавлять синтез жирных кислот (рис.) [15, 17]. Концентрация препарата в масле и семенах не должна превышать 0,02 мг/кг [13, 14].

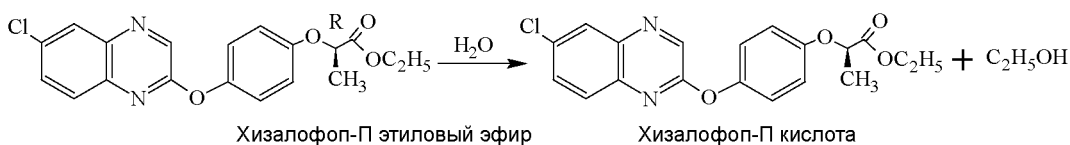


Рис. Гидролиз препарата

Обработка растений льна масличного сорта Северный 0,0015 г/л раствором Тарга-супер способствовала увеличению содержания масла в семенах на 3,71% по сравнению с контролем. Сорт Исток был более отзывчив на обработку препаратом той же концентрации, содержание масла в семенах повысилось на 10,64% по сравнению с контролем. Обработка льна сорта Северный препаратом более высоких концентраций 0,015 г/л и 0,15 г/л также привела к увеличению содержания масла в семенах на 4,12% и 2,84% соответственно по сравнению с контролем. Для сорта Исток действие препарата в концентрациях 0,015 г/л и 0,15 г/л способствовала интенсификации синтеза жирных кислот и образованию масла на 16,46% и 11,94% соответственно.

Таким образом, сорт Исток оказался более отзывчивым на обработку препаратом Тарга-супер, причем наибольший эффект воздействия оказал препарат в концентрации 0,015 г/л.

Окончательное формирование состава липидов и общего содержания масла в семенах льна начинается в период молочно-восковой спелости. Обработка растений в этот период препаратом-ингибитором ацетилкофермент А-карбоксилазы приводит к частичному нарушению гормонального баланса в мультиферментном комплексе биосинтеза жирных кислот. Поэтому наблюдаемое увеличение содержания масла в семенах (табл. 1, 2), возможно, связано со снижением интенсивности перехода кислот в эндоплазматический ретикулум и аппарат Гольджи, где из них синтезируются жирные кислоты с очень длинной цепью (C₂₀-C₃₀) или с активацией процесса их этерификации (образование глицеролипидов).

Влияние препаратов на состав кислот в липидах зависит от сорта льна. У сорта с высоким содержанием диеновых кислот (C18:2) (линолевая кислота) наблюдается повышение степени непредельности (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Содержание кислот в липидах масла льна сорта Северный
(в %, среднее по 4-м повторностям)

Кислоты	Контроль		0,15		0,015		0,0015	
	%	дов. инт.	%	дов. инт.	%	дов. инт.	%	дов. инт.
C14:0	0,05	0,004	0,05	0,001	0,05	0,004	0,06	0,004
C16:0	5,94	0,07	6,05	0,03	6,17	0,03	6,29	0,21
C18:0	4,48	0,06	4,92	0,09	5,01	0,05	4,88	0,05
C20:0	0,12	0,01	0,15	0,01	0,15	0,01	0,15	0,01
Сумма предельных	10,55		11,12		11,33		11,32	
C16:1 [7Z]	0,03	0,01	0,03	0,01	0,03	0,01	0,03	0,01
C16:1 [9Z]	0,12	0,01	0,10	0,01	0,11	0,01	0,11	0,01
C18:1 [9Z]	18,41	0,04	19,03	0,04	19,28	0,08	19,07	0,13
C18:1 [12Z]	0,80	0,01	0,78	0,01	0,76	0,07	0,81	0,01

Кислоты	Контроль		0,15		0,015		0,0015	
	%	дов. инт.	%	дов. инт.	%	дов. инт.	%	дов. инт.
C20:1 [11Z]	0,10	0,01	0,10	0,01	0,11	0,01	0,10	0,01
Сумма моноеновых	19,46		20,05		20,29		20,10	
C18:2 [10Z,13Z]	0,04	0,01	0,05	0,01	0,03	0,03	0,04	0,02
C18:2 [9Z,12Z]	66,39	0,38	64,69	0,30	62,64	0,22	62,57	0,35
Сумма диеновых	66,43		64,74		62,67		62,61	
C18:3 [9Z,12Z,15Z]	2,64	0,04	3,21	0,03	4,48	0,03	5,23	0,06

В глицеридах льна сорта Северный в два раза увеличивается содержание линоленовой кислоты (C18:3). При этом содержание предельных и моноеновых кислот практически не изменяется, но падает содержание линолевой кислоты (C18:2). Для сорта Исток с преобладанием в липидах масла линолевой кислоты в общем наблюдается та же тенденция: содержание линоленовой кислоты увеличивается, но за счет снижения содержания предельных и моноеновых кислот (табл. 2).

Таблица 2

Содержание кислот в липидах масла льна сорта Исток
(в %, среднее по 4-м повторностям, дов. инт. по 0.05)

Кислоты	Контроль	0,15 г/л	0,015 г/л	0,0015 г/л
C14:0	0,04	0,05	0,05	0,04
C16:0	5,90	5,69	5,58	5,44
C17:0	0,06	0,05	0,05	0,05
C18:0	3,66	3,84	3,68	3,60
C20:0	0,10	0,13	0,14	0,12
C22:0	0,05	0,03	0,04	0,04
Сумма предельных кислот	9,81	9,79	9,54	9,29
C16:1 [7Z]	0,05	0,03	0,03	0,03
C:16:1 [9Z]	0,09	0,08	0,08	0,08
C18:1 [9Z]	20,22	20,12	19,65	19,47
C18:1 [12Z]	0,83	0,80	0,79	0,80
C20:1 [11Z]	0,09	0,10	0,12	0,11

Кислоты	Контроль	0,15 г/л	0,015 г/л	0,0015 г/л
Сумма моноеновых кислоты	21,28	21,13	20,67	20,49
C18:2 [10Z,13Z]	0,09	0,06	0,05	0,05
C18:2 [9Z,12Z]	13,58	13,58	14,21	13,33
C18:2 [11Z,14Z]	0,10	0,11	0,11	0,12
Сумма диеновых кислот	13,77	13,75	14,37	13,49
C18:3 [9Z,12Z,15Z]	54,53	54,67	54,37	55,85
C20:3	0,16	0,20	0,20	0,20
Сумма триеновых кислот	54,69	54,87	54,56	56,05

Таким образом, можно предположить, что нарушение гормонального баланса под влиянием препарата приводит к интенсификации дегидраз мультиферментного комплекса.

Также следует отметить, что при обработке растений водной эмульсией препарата с концентрацией 0,15 г/л, что примерно соответствует рекомендуемой норме его расхода при послевсходовой обработке посевов для защиты от сорняков (0,05–0,5 кг/га), изменений в содержании и составе масла льна практически не происходит.

Наибольшей эффект проявляется при обработке растений эмульсией препарата с концентрацией 0,015 и 0,0015 г/л. Это указывает на то, что препарат действует как регулятор роста растений.

Превышения концентрации действующего вещества препарата Тарга-супер в льняном масле, определенной по основному метаболиту хизалофоп-П-кислоте методом высокоэффективной жидкостной хроматографии, не установлено, концентрация < 0,02 мг/кг.

Выводы

1. Показано, что при проведении внекорневых обработок гербицидом Тарга-супер за две недели до уборки содержание масла в семенах льна масличного увеличивается. Установлена сортоспецифичность растений: содержание масла в семенах льна сорта Северный увеличивается на 2,8–4,2%, а сорта Исток — на 10,5–16,5%.

2. В глицеролипидах льна сорта Северный, в состав которых преимущественно входит линолевая кислота (C18:2), содержание предельных (Cn:0) и моноеновых (Cn:1) кислот практически не меняется. В два раза увеличивается концентрация триеновой (C18:3) — линоленовой кислоты — за счет снижения процентного содержания в липидах линолевой кислоты. У сорта Исток, где в составе липидов преобладает триеновая кислота — линоленовая (C18:3), ее относительное содержание также возрастает. Обработка гербицидом приводит к увеличению содержания в липидах масла льна кислот с большей степенью ненасыщенности.

3. Наибольший эффект на изменение концентраций кислот проявился при обработке растений эмульсией препарата с наиболее низкой концентрацией 0,0015 г/л,

что примерно в 100 раз ниже рекомендуемой нормы обработки посевов препаратом (0,05–0,5 кг/га). Рекомендованной дозой для обработок растений льна, приводящей к увеличению содержания масла, является 0,015 г/л.

Библиографический список

1. Белоухов С.Л., Дмитриевская И.И., Жевнеров А.В., Волков А.Ю. Микроэлементный состав льняного масла // Достижения науки и техники АПК. 2011. № 7. С. 54–56.
2. Белоухов С.Л., Сафонов А.Ф., Дмитриевская И.И., Кочаров С.А. Влияние биостимуляторов на химический состав продукции льноводства // Известия ТСХА. 2010. № 1. С. 128–131.
3. Белоухов С.Л., Фокин Е.В. Действие защитно-стимулирующих комплексов с эпином на урожай и качество волокна льна-долгунца // Известия ТСХА. 2004. № 1. С. 32–39.
4. Белоухов С.Л., Калабашкина Е.В., Дмитриевская И.И. Влияние физиологически активных веществ на рост и развитие льна // Достижения науки и техники АПК. 2012. № 3. С. 21–23.
5. Белоухов С.Л., Малеванная Н.Н. Влияние циркона на химический состав льна-долгунца // Плодородие. 2004. № 1. С. 18–20.
6. Белоухов С.Л., Дмитриевская И.И. Исследование влияния Карвитола на качество волокна при обработке льна-долгунца (*Linum usitatissimum* L.) // Бултеровские сообщения. 2009. Т. 16. № 4. С. 26–30.
7. Белоухов С.Л., Малеванная Н.Н. Комбинированные обработки посевов льна-долгунца // Защита и карантин растений. 2003. № 12. С. 29.
8. Белякова В.Г., Белоухов С.Л. К вопросу об агротехнологии выращивания льна масличного в условиях Московской области // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2013. № 4. С. 72–74.
9. Дмитриева В.Л., Дмитриев Л.Б. Изучение состава эфирных масел эфиромасличных растений нечерноземной зоны России // Известия ТСХА. 2011. № 3. С. 106–119.
10. Лукомец В.М., Кривошлыков К.М. Состояние и перспективы формирования устойчивого сырьевого сектора масложировой индустрии России // Масложировая промышленность. 2015. № 1. С. 11–16.
11. Лукомец В.М., Пивень В.Т., Тишков Н.М. Интегрированный подход к защите посевов льна масличного от вредных организмов // Защита и карантин растений. 2010. № 5. С. 52–56.
12. Лукомец В.М., Зеленцов С.В., Рябенко Л.Г. Применение закона гомологических рядов при определении потенциальной адаптивности культурного льна *Linum usitatissimum* L. к приполярным и альпийским условиям // Масличные культуры: Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2015. № 161. С. 121–132.
13. Методические указания МУК 4.1.2336-08. Определение остаточных количеств хизалофоп-п-этила в зеленой массе рапса, семенах и масле рапса и сои по основному метаболиту хизалофоп-П-кислоте методом высокоэффективной жидкостной хроматографии.
14. Методические указания МУК 4.1.1137-02. Определение остаточных количеств квизалофоп-П-тефурила по его основному метаболиту квизалофоп-свободной кислоте в воде, почве, в семенах и масле льна, сои, подсолнечника и в солодке льна методом газожидкостной хроматографии.
15. Попов С.Я., Дорожжина Л.А., Калинин В.А. Основы химической защиты растений / Под ред. профессора С.Я. Попова. М.: Арт-Лион, 2003. 208 с.
16. Прусакова Л.Д., Кефели В.И., Белоухов С.Л., Вакуленко В.В., Кузнецова С.А. Роль фенольных соединений в растениях // Агрехимия. 2008. № 7. С. 86–89.
17. Уцаповский И.В., Корнеева Е.М., Белоухов С.Л., Дмитриевская И.И., Прохоров И.С. Изучение биорегуляторов для предотвращения действия гербицидов на посевах льна-долгунца // Агрехимический вестник. 2014. № 4. С. 27–29.

18. Amara P., Volbeda A., Fontecilla-Camps J. C., Field Martin J. A quantum chemical study of the reaction mechanism of acetyl-coenzyme A synthase // *J. Amer. Chem. Soc.* 2005. V. 127, № 8. P. 2776–2784.

19. Belopukhov S.L., Dmitriev L.B., Dmitrieva E.I., Dmitrevskaja I.I., Kocharov S.A. Influence of biostimulators on structure of fat acids of linen oil // *Izvestia of Timiryazev academy. Special Issue.* 2010. S. I. P. 171–175.

20. Boev V.I., Moskalenko A.I., Belopukhov S.L., Przheval'skii N.M. Stereoselective syntheses of substituted tert-butyl 3-allyl-4-hydroxypiperidine-1-carboxylate // *Russian Journal of Organic Chemistry.* 2015. V. 51. № 4. C. 493–497.

21. Chen Hao, Harrison Paul H.M. Investigation of the origin of C₂ units in biosynthesis of streptolydigin // *Org. Lett.* 2004. V.6, № 22. P. 4033–4036.

22. George Simon J., Seravalli J., Ragsdale Stephen W. EPR and infrared spectroscopic evidence that a kinetically competent paramagnetic intermediate is formed when acetyl-coenzyme A synthase reacts with CO // *J. Amer. Chem. Soc.* 2005. V. 127, № 39. P. 13500–13501.

23. Moskalenko A.I., Belopukhov S.L., Ivlev A.A., Boev V.I. General procedure for the synthesis of spirocyclic 3-hydroxy- and 3-oxotetrahydrofurans containing carbo- and heterocyclic fragments // *Russian Journal of Organic Chemistry.* 2011. V. 47. № 7. P. 1091–1096.

24. Tan Xiangshi, Bramlett Matthew R., Lindahl Paul A. Effect of Zn on acetyl coenzyme A synthase: evidence for a conformational change in the α subunit during catalysis // *J. Amer. Chem. Soc.* 2004. V. 126. № 19. C. 5954–5955.

INFLUENCE OF HERBICIDES — INHIBITORS OF ACETYL COENZYME A CARBOXYLASE ON THE COMPOSITION OF LINSEED LIPIDS

V.G. PEROVA, L.B. DMITRIEV, S.L. BELOPUKHOV, V.M. LUKOMETS, V.L. DMITRIEVA

(Russian Timiryazev State Agrarian University)

*The effect of pre-harvest handling herbicides - inhibitors of acetyl coenzyme A carboxylase — on carboxylic acids composition of lipids in linseed oil was studied. Objects of the research were such oil flax varieties (*Linum usitatissimum* L.) as “Istok” (developed in Penza Agricultural Research Institute) and “Severnii” (developed at the Siberian Research Station of the Research Institute of Oilseeds). The experiments were carried out in the period of 2011–2014 at the field experimental station of Russian Timiryazev State Agrarian University. In the phase of milky-wax ripeness plants were sprayed with aqueous emulsion of “Targa super” herbicide, active ingredient - Quizalofop-P-ethyl [(R) -2- [4- (6- [chloro-2-quinoxaliny] oxy] phenoxy] propionic acid ethyl ester]. The concentrations: 0.15, 0.015 and 0.0015 g/l (of active ingredient) were applied. Plants in the control variant were sprayed with clear water. Spraying was carried out at the end of III decade of July, harvesting followed two weeks after. Seeds after drying at 105°C temperature were refined in a mortar with pestle, and the oil was extracted with hexane in a Soxhlet apparatus. Determination of the chemical composition of seeds was carried out by high performance gas chromatography. It was shown that foliar treatments with “Targa super” herbicide two weeks before harvesting results in the increased oil content in the seeds of flax. Correlation between crop variety and oil content was revealed: oil content in flax seeds of “Severnii” variety increased by 2.8–4.2%, and of “Istok” variety — by 10.5–16.5%. In glycerolipids of “Severnii” flax variety, which composition mostly includes linoleic acid (C18: 2), the content of saturated (Cn: 0) and monoenoic (Cn: 1) acids does*

not change. The concentration of triene (C18: 3) — linolenic acid increased twice due to the reduction of the percentage of linoleic acid in lipids composition. In the “Istok” variety, where the lipid composition is characterized by dominating of triene — linolenic acid (C18: 3), its relative content increased as well. The herbicide application leads to increased concentrations of acids with a higher degree of unsaturation in lipids of linseed oil. The recommended dose for flax plants treatment leading to increased oil content is 0.015 g/l.

Key words: linen, flax, olive, acetyl CoA carboxylase, the chemical composition of the seeds, fatty acids, GLC-MS.

Перова Валерия Геннадьевна — асп. кафедры физической и органической химии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: (499) 976-16-28).

Дмитриев Лев Борисович — к. х. н., проф. кафедры физической и органической РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: (499) 976-16-28).

Белопухов Сергей Леонидович — д. с.-х. н., проф., зав. кафедрой физической и органической химии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: (499) 976-16-28; e-mail: belopuhov@mail.ru).

Лукомец Вячеслав Михайлович — д. с.-х. н., проф., академик РАН, ректор РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: (499) 976-34-90; e-mail: rector@timacad.ru).

Дмитриева Валерия Львовна — зав. лаб. кафедры физической и органической химии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: (499) 976-16-28).

Perova Valeriya Gennad'evna — PhD-student of the Department of Physical and Organic Chemistry, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Moscow, Timiryazevskaya str., 49; tel.: +7 (499) 976-16-28).

Dmitriev Lev Borisovich — PhD in Chemical Sciences, Professor of the Department of Physical and Organic Chemistry, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Moscow, Timiryazevskaya str., 49; tel.: +7 (499) 976-16-28).

Belopukhov Sergey Leonidovich — Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department of Physical and Organic Chemistry, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Moscow, Timiryazevskaya str., 49; tel.: +7 (499) 976-16-28; e-mail: belopuhov@mail.ru).

Lukomets Vyacheslav Mikhailovich — Doctor of Agricultural Sciences, Professor, a member of the Russian Academy of Sciences, Rector of Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Moscow, Timiryazevskaya str., 49; tel.: +7 (499) 976-34-90; e-mail: rector@timacad.ru).

Dmitrieva Valeriya Lvovna — Head of the Laboratory of Physical and Organic Chemistry, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Moscow, Timiryazevskaya str., 49; tel.: +7 (499) 976-16-28).