

ПРИМЕНЕНИЕ НОВЫХ ХЕЛАТНЫХ ПРЕПАРАТОВ
НА ЛЬНЕ МАСЛИЧНОМ

О.А. ЖАРКИХ, И.И. ДМИТРЕВСКАЯ, С.Л. БЕЛОПУХОВ

(РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева)

Представлены данные о влиянии комплексных хелатных препаратов Хелатон Экстра и Хелат Zn на лен масличный, сорт Северный, при выращивании на полевой станции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Установлено, что препарат Хелатон Экстра лучше повышал урожайность волокна, а препарат Хелат Zn – урожайность семян на 0,7–1 ц/га и 2,4–2,5 ц/га соответственно. Препарат Хелат Zn относительно препарата Хелатон Экстра увеличивал белков в семенах на 2,9–4%, липидов на 3,6–4,2%. Применение комплексных хелатных препаратов способствовало повышению выхода масла, а также увеличивалась сумма ненасыщенных жирных кислот. Незаменимая α-линоленовая (Омега-3) кислота повышалась в масле варианта с Хелат Zn до 62,2% относительно контроля (55,5%). Микроструктура оболочки семян льна масличного во всех вариантах опытов была гладкой, без нарушений и повреждений. Ядро семян имеет выраженную пористую структуру, по вариантам различия не обнаружены. На семенную продуктивность и питательную ценность льняных семян и льняное масло больше действовал Хелат Zn, на урожайность волокна – Хелатон Экстра. Установлено, что препарат Хелат Zn влиял на химический состав семян и способствовал увеличению калия, кальция, магния, серы, фосфора на 1,5–5%.

Ключевые слова: лен масличный, урожай, семена, льняное масло, Хелатон Экстра, Хелат Zn.

Введение

Лен масличный – перспективная для России сельскохозяйственная культура. Площади посева этого вида льна в нашей стране увеличиваются с каждым годом. Так, в 2010 г. она составила 267 тыс. га, а уже в 2019 г. – около 815 тыс. га. На мировом рынке лидером по производству продукции льна масличного сейчас являются Казахстан и Россия [1].

Высокий спрос продукции из масличного льна последние годы приводит к увеличению площадей возделывания этой культуры. По данным литературы ежегодно растет ассортимент разнообразной продукции льна масличного. Пищевую ценность льняного масла, богатого Омега-3, Омега-6, Омега-9 жирными кислотами, признают многие медики и используют его при лечении многих хронических заболеваний. Высоким является спрос на льняное масло в лакокрасочной, химической промышленности, применяют его в обработке металлов и автомобилестроении [2, 3].

Грубое волокно, получаемое из масличного льна, становится конкурентоспособным на рынке товаров относительно волокна льна-долгунца в последние

несколько лет, так как современные технологии его переработки, например, котонизации, позволяют получить ткани бытового назначения. Перспективным, ежегодно возобновляемым источником целлюлозы и топливных материалов, могут также служить отходы переработки растений льна масличного, из которого на сегодняшний день уже получают высококачественную целлюлозу и топливные брикеты [4, 5].

Неограниченный ареал возделывания льна масличного в России в разных климатических зонах позволяет в сибирских регионах, в средней полосе и на юге нашей страны получать хорошие урожаи. На сегодняшний день в Государственном реестре селекционных достижений, допущенных к использованию растений, зарегистрировано 40 сортов льна масличного в 8 регионах России [6].

При получении продукции льноводства важными являются не только получение высоких урожаев культуры, но и ее качество, так как именно от этого в итоге зависит цена и рентабельность производства в целом.

Для получения высококачественной продукции необходимо соблюдение всех технологических операций при выращивании и переработки льна. Ежегодно в Список пестицидов и агрохимикатов вносится не менее 1200 разнообразных препаратов защиты растений и минеральных удобрений. Спектр действия данных препаратов достаточно широк, однако многие агрономы и товаропроизводители для сокращения затрат на закупку и применения химикатов стремятся использовать их комплексно, но не все препараты так можно применять [7, 8]. Альтернативой могут служить современные комплексные хелатные препараты, которые в своем составе содержат макро- и микроэлементы, фиторегуляторы и пестициды [9].

Немаловажным при переработке растительной продукции является оценка ее качества. Экспресс-физико-химические методы анализа, например, ближняя инфракрасная спектроскопия, термогравиметрия, сканирующая электронная микроскопия, могут в течение нескольких минут дать полную характеристику качества получаемых семян, волокна и масла [10–12].

Цель исследований – изучить влияние хелатных препаратов (Хелатон Экстра и Хелат Zn) на урожайность льна масличного и качество получаемой продукции при выращивании в условиях Полевой опытной станции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева.

Методика исследований

Опыты со льном масличным проведены на территории Полевой станции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева в период 2018–2020 гг. Сорт льна, выбранный для исследований, – Северный, выведен ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК имени В.С. Пустовойта, Сибирская опытная станция. Данный сорт допущен к возделыванию в 5 регионах России: Западно-Сибирский, Восточно-Сибирский, Уральский, Волго-Вятский и Нижневолжский. Обладает высокой урожайностью семян – до 22 ц/га, масличностью – до 55%, относится к межеумковой форме, из которого возможно получение короткого волокна. В наших многолетних исследованиях данный сорт положительно зарекомендовал себя в Центральном федеральном округе в условиях г. Москвы на Полевой станции РГАУ-МСХА (Дмитревская, 2015, 2017).

Выращивание льна масличного проведено по методическим рекомендациям «Перспективная ресурсосберегающая технология производства льна масличного» (ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК имени В.С. Пустовойта, 2010). На Полевой станции почва старопашотная, дерново-подзолистая, средне- и легкосуглинистая. В годы

исследований средние показатели агрохимического анализа пахотного горизонта составили: рН_(сол.) – 5,5–5,7; гумус – 2,3–2,4%; N_(лег.гидр.) – 52–54; P₂O₅ – 170–175; K₂O – 94–95 мг/кг почвы. Предшественниками во все годы были зерновые культуры, непосредственно под лен удобрения не вносили. Посев осуществляли в первую декаду мая, норма высева семян – 50 кг/га. С осени проведена основная вспашка (МТЗ 1221+UNIA 2+1), весной – боронование (МТЗ-80+БЗТС-1), культивация перед посевом (МТЗ-80+ZBC-300), посев проведен сеялкой МТЗ-80+AMAZONE D9–30 на глубину 2–3 см. Делянки заложены в 4-кратной повторности по каждому варианту, расположение – рандомизированное (учетная делянка – 20 м²), общая площадь – посева 0,10 га. Проведено двухкратное опрыскивание растений с интервалом 10 дней в фазу елочки льна. Первая обработка растений осуществлена баковой смесью гербицида (Ленок, 8–10 г/га) и препаратами Хелатон Экстра (вариант 1), Хелат Zn (вариант 2). В качестве контроля выбраны делянки, обработанные только гербицидом (вариант 3). Вторая обработка растений проведена только хелатными препаратами. Препараты Хелатон Экстра и Хелат Zn применяли при норме расхода 0,2 л/га, расход рабочей жидкости – 300 л/га.

Оба препарата – Хелатон Экстра и Хелат Zn – разработаны ФГУП НИЦ «Курчатовский институт» – ИРЕА. Хелат Zn – комплексанат органической кислоты ОЭДФ (оксиэтилидэндифосфоновая кислота) и макро-, микроэлементов (г/л): N – 0,7; P – 53,0; K – 81; Zn – 41,4. Хелатон Экстра – комплексный хелатный препарат ОЭДФ и макро-, микроэлементов (г/л): N – 23; P – 49,1; Fe – 5,75; Mn – 5,75; Cu – 5,75; Co – 5,75; Zn – 5,75; Mo – 5,75; B – 1,7; S – 17,2. Относительно льна данные препараты были испытаны впервые.

Методом ближней инфракрасной спектроскопии (БИК) определено содержание белков и липидов в семенах, содержание жирных кислот льняного масла (модель прибора SpectraStar 2600XT-R), ГОСТы 30131–96, 32749–2014, 12099–2017. Методом растровой электронной микроскопии (РЭМ) (модель прибора EM-30AX PLUS) установлены микроструктура и элементный состав семян. Все исследования по влиянию хелатных препаратов на лен масличный выполнены при совместной работе ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева на базе Полевой станции РГАУ-МСХА, УНЦКП «Сервисная лаборатория комплексного анализа химических соединений» и ФГУП НИЦ «Курчатовский институт» – ИРЕА.

Результаты исследований

Благоприятным по климатическим условиям вегетационным периодом для льна масличного (май-август) был 2018 г. Избытком выпадение осадков и низкими температурами воздуха характеризовался 2020 г. Это в целом снизило урожайность льна по всем делянкам (табл. 1). Достоверная прибавка урожайности короткого волокна и семян была по всем вариантам опытов относительно контроля. Установлено, что препарат Хелатон Экстра лучше влиял на увеличение урожайности волокна – на 0,7–1 ц/га; Хелат Zn – на 0,2–0,5 ц/га относительно контроля.

Препарат Хелат Zn повышал больше урожайность семян на 2,4–2,5 ц/га, чем Хелатон Экстра (на 0,8–1,8 ц/га относительно контроля). Отмечено достоверное различие в увеличении действия Хелатон Экстра относительно Хелат Zn в урожайности волокна на 0,5–0,7 ц/га, а также повышение урожайности семян Хелат Zn относительно Хелатон Экстра на 0,7–1,6 ц/га.

Методом БИК-анализа, позволяющим в течение 1–2 мин получить основные показатели качества сельскохозяйственной продукции, было определено содержание белков и липидов в семенах льна по вариантам опыта (табл. 2).

Таблица 1

Урожайность льна масличного сорт Северный, ц/га

Год	Вариант опыта	Урожайность волокна	Урожайность семян
2018	контроль	3,9	10,5
	Хелатон Экстра	4,8	11,3
	Хелат Zn	4,1	12,9
НСР ₀₅		0,2	0,5
2019	контроль	3,5	9,5
	Хелатон Экстра	4,5	11,3
	Хелат Zn	4,0	12,0
НСР ₀₅		0,2	0,5
2020	контроль	3,6	9,5
	Хелатон Экстра	4,3	10,5
	Хелат Zn	3,9	11,9
НСР ₀₅		0,2	0,4

Таблица 2

**Химический состав семян льна масличного сорт Северный, %
на абсолютно сухое вещество**

Год	Вариант опыта	Белки	Липиды
2018	контроль	15,5	35,5
	Хелатон Экстра	16,3	36,9
	Хелат Zn	20,3	40,5
НСР ₀₅		0,7	1,2
2019	контроль	15,3	35,4
	Хелатон Экстра	16,9	36,5
	Хелат Zn	20,5	40,7
НСР ₀₅		0,7	1,2
2020	контроль	15,0	35,0
	Хелатон Экстра	16,6	36,1
	Хелат Zn	19,5	39,8
НСР ₀₅		0,6	1,1

Хелатон Экстра влиял на увеличение в семенах содержания белков на 0,6–1,6%, липидов – на 1,1–1,4%. Хелат Zn влиял на увеличение белков на 4,5–5,2%, липидов – на 4,8–5,3% относительно контроля. Препарат Хелат Zn относительно препарата Хелатон Экстра влиял на повышение белков в семенах на 2,9–4%, липидов – на 3,6–4,2%. Из льняных семян было получено льняное масло методом холодного отжима (табл. 3).

По вариантам опыта выход масла был в целом высоким – 35–42,5%. Отмечено, что Хелат Zn способствовал увеличению выхода масла в годы исследований на 5,5–7% относительно контроля.

Льняное масло, богато полиненасыщенными жирными кислотами, поэтому важным является контроль соотношения содержания насыщенных и ненасыщенных жирных кислот при оценке пищевой ценности масла и пригодности его для лакокрасочной промышленности (табл. 4). Самое высокое содержание насыщенных жирных кислот отмечено в масле контрольного варианта – 10,5–11%. Действие препаратов способствовало уменьшению данных кислот до 8–10%. Сумма ненасыщенных жирных кислот увеличивалась в льняном масле в варианте с Хелатон Экстра до 90,7%, в варианте с Хелат Zn – до 92% относительно контроля с содержанием этих кислот 89,5%. Незаменимая α -линоленовая (Омега-3) кислота повышалась в масле варианта с Хелат Zn до 62,2% относительно контроля (55,5%).

Таблица 3

Выход льняного масла из семян льна сорта Северный, %

Год	Вариант опыта	Выход масла
2018	контроль	35,5
	Хелатон Экстра	35,7
	Хелат Zn	42,5
НСР ₀₅		1,4
2019	контроль	35,0
	Хелатон Экстра	35,2
	Хелат Zn	41,3
НСР ₀₅		1,3
2020	контроль	35,0
	Хелатон Экстра	35,0
	Хелат Zn	40,5
НСР ₀₅		1,3

Методом РЭМ был проведен анализ микроструктуры семян льна масличного (рис. 1). Отмечено что во всех вариантах опытов оболочка семян гладкая, без

нарушений и повреждений (рис. 1 а). Оболочка льняных семян достаточно плотная, не содержит выраженных пор. Ядро семян имеет ярко выраженную пористую структуру (рис. 1 б), пористая структура одинакова по всей поверхности ядра, по вариантам не обнаружено различий в их микроструктуре.

Таблица 4

Содержание жирных кислот в льняном масле, %

Год	Вариант опыта	Сумма насыщенных жирных кислот	Сумма ненасыщенных жирных кислот	Содержание α-линоленовой кислоты
2018	контроль	10,5	89,5	55,5
	Хелатон Экстра	9,3	90,7	56,5
	Хелат Zn	8,0	92,0	62,2
НСР ₀₅		0,4	2,3	1,8
2019	контроль	11,0	89,0	55,5
	Хелатон Экстра	10,5	89,5	55,9
	Хелат Zn	8,5	91,5	60,5
НСР ₀₅		0,4	2,2	1,8
2020	контроль	11,0	89,0	55,0
	Хелатон Экстра	10,5	89,5	55,0
	Хелат Zn	8,5	91,5	60,5
НСР ₀₅		0,4	2,2	1,8

Модель растрового сканирующего микроскопа (EM-30AX PLUS), используемая в наших исследованиях, содержит в комплекте энергодисперсионный спектрометр (ЭДС), позволяющий получить спектр распределения химических элементов в исследуемом образце [13, 14] в массовых процентах от 0,1 до 100% (рис. 2). По химическому составу обнаружено различие в контрольном варианте и в варианте с Хелат Zn. Установлено, что применение Хелат Zn способствует накоплению в оболочке семян калия, кальция, магния – 1,5–5%. При применении препарата на льне наблюдается накопление цинка и меди 0,8–1%. Во всех вариантах оболочка семян содержат много углерода, кислорода (до 50%), так как данные элементы являются основой белков и жиров.

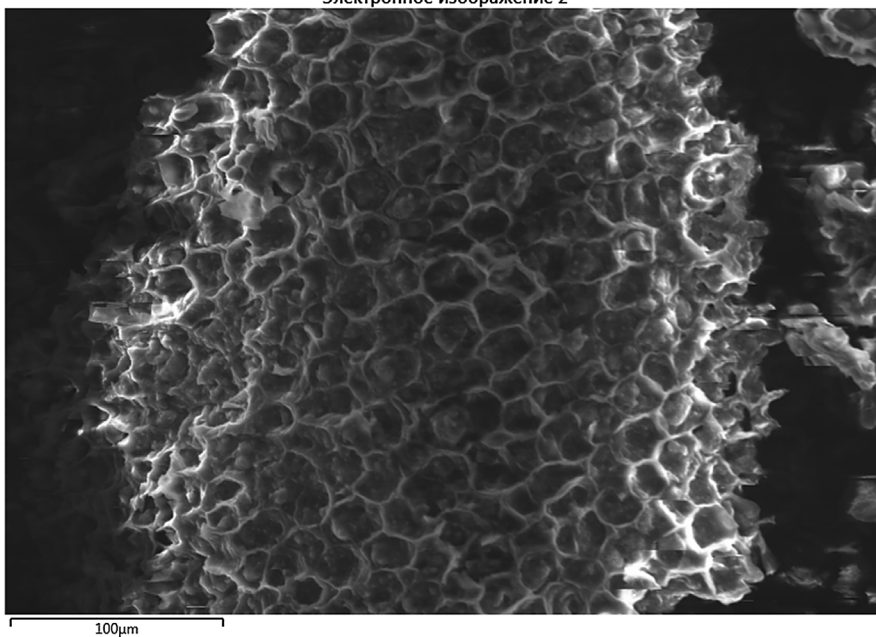
На спектре распределения химических элементов в ядре семян льна масличного (рис. 3) отмечено, что в варианте с Хелат Zn происходит увеличение калия, кальция, магния, фосфора и серы – 0,1–1,5% относительно контроля. Содержание кислорода и углерода в ядре семян достигает 70%.

Электронное изображение 1



а

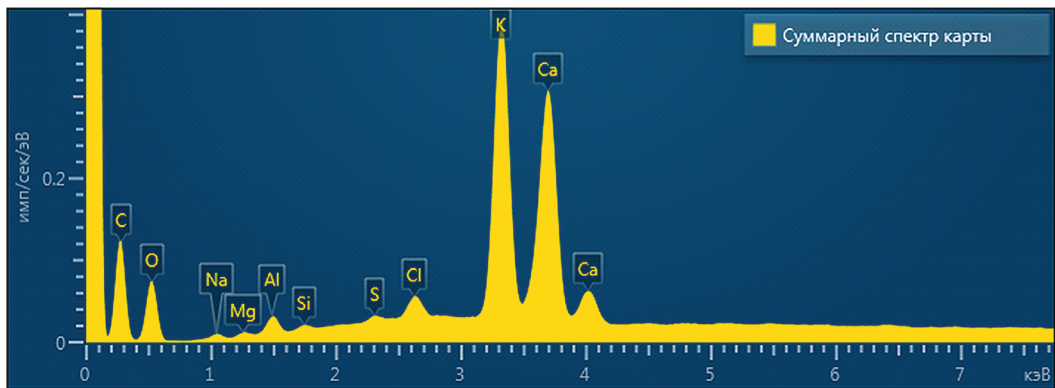
Электронное изображение 2



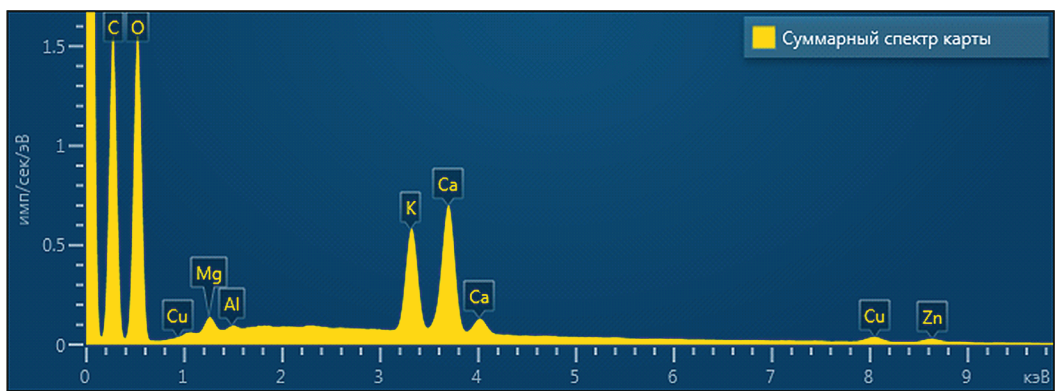
б

Рис. 1. Микроструктура семян льна масличного сорта Северный:
а – оболочка семян; б – ядро семян

Таким образом, в наших исследованиях по всем вариантам опытов установлено, что оболочка семян льна содержит больше микроэлементов, основа макроэлементов представлена в ядре семян.



а



б

Рис. 2. Спектр распределения химических элементов в оболочке семян льна масличного: а – контрольный вариант; б – вариант Хелат Zn

Выводы

Проведенные исследования позволяют сделать заключение о том, что препараты Хелатон Экстра и Хелат Zn способствуют увеличению урожайности льна масличного сорта Северный по семенам на 0,8–2,5 ц/га, по короткому волокну – на 0,2–1% относительно контроля. Данные препараты влияют на биохимические процессы в растениях во время их вегетации, что способствует улучшению качества семян (белки увеличились на 0,6–5,2%, липиды – на 1,1–5,3%). На семенную продуктивность, питательную ценность льняных семян и льняное масло больше влиял Хелат Zn, на урожайность волокна – Хелатон Экстра.

Установлено, что препарат Хелат Zn способствовал увеличению калия, кальция, магния, серы, фосфора на 1,5–5% в семенах льна.

Библиографический список

1. Новиков Э.В. Масличный лен как глобальный сырьевой ресурс для производства волокна / Э.В. Новиков, Н.В. Басов, И.В. Ущуповский, А.В. Безбаченко // Молочнохозяйственный вестник. – 2017. – № 3 (27). – С. 187–203.

2. Гайнуллин Р.М. Возродим масличный лен // Достижения науки и техники АПК. – 2008. – № 5. – С. 37–38.

3. *Sheng Q.C.* Flax varieties experimental report in kazakhstan in 2019 / Q.C. Sheng, W.Y. Fu, L.S. Hua, G. Yuan, Z.X. Lin, D. Tussipkan, G. Stybayev, A. Begalina, A. Baitelevnova, S. Arystangulov, G. Kipshakpayeva, K.Q. Hua // *Journal of natural fibers*. – 2020. – № ? – P.? –
4. *Белякова В.Г.* К вопросу об агротехнологии выращивания льна масличного в условиях Московской области / В.Г. Белякова, С.Л. Белопухов // *Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения*. – 2013. – № 4. – С. 72–73.
5. *Bekuzarova S.A.* Oil flax in the foothills of Northern Caucasus / S.A. Bekuzarova, I.M. Haniyeva // *Biological systems, biodiversity and stability of plant communities*. – 2015. – С. 305–313.
6. *Левданский В.А.* Способ получения из льна целлюлозного продукта с высоким содержанием альфа-целлюлозы / В.А. Левданский, А.В. Левданский, Б.Н. Кузнецов // *Журнал Сибирского федерального университета*. – Серия «Химия». – 2014. – Т. 7, № 1. – С. 63–70.
7. *Chursina L.* Innovative technologies of oilseed flax straw mechanical processing and quality of obtained fibers / L. Chursina, Н. Tikhosova, Т. Holovenko, О. Shovkomud, О. Kniaziev, Т. Yanyuk // *INMATEH – Agricultural engineering*. – 2019. – Т. 57, № 1. – С. 207–214.
8. *Dmitriev A.A.* Flax (*Linum usitatissimum* L.) response to non-optimal soil acidity and zinc deficiency / A.A. Dmitriev, G.S. Krasnov, Т.А. Rozhmina, A.V. Zyablitsin, A.V. Snezhkina, M.S. Fedorova, E.N. Pushkova, P. Kezimana, R.O. Novakovskiy, L.V. Povkhova, O.V. Muravenko, N.L. Bolsheva, A.V. Kudryavtseva, N.V. Melnikova, M.I. Smirnova // *BMC Plant biology*. – 2019. – Т. 19, № S1. – С. 54.
9. *Медведева Ж.В.* Проблема экологической безопасности при использовании пестицидов и агрохимикатов / Ж.В. Медведева, С.А. Белокурченко, Н.Д. Дорохова, Л.В. Кобцева // *Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения*. – 2019. – № 1 (18). – С. 326–334.
10. *Лукомец В.М.* Интегрированный подход к защите посевов льна масличного от вредных организмов / В.М. Лукомец, В.Т. Пивень, Н.М. Тишков // *Защита и карантин растений*. – 2010. – № 5. – С. 52–56.
11. *Белопухов С.Л.* Применение БИК-анализа для исследования химического состава и энергетической ценности льняной костры / С.Л. Белопухов, И.И. Дмитриевская, Е.В. Калабашкина, С.Ю. Зайцев // *Бутлеровские сообщения*. – 2014. – Т. 38, № 5. – С. 112–117.
12. *Дмитревская И.И.* Получение экологически безопасной продукции из льна масличного на фоне применения препарата Флоравит / И.И. Дмитриевская, С.Л. Белопухов, Е.Ю. Федоров, А.И. Григораш, Е.Э. Нефедьева, Т.Г. Шайхiev // *Вестник Казанского технологического университета*. – 2015. – Т. 18, № 3. – С. 185–188.
13. *Belopukhov S.* Effects of humic substances obtained from shives on flax yield characteristics / S. Belopukhov, I. Dmitrevskaya, E. Grishina, S. Zaitsev, I. Uschapovsky // *Journal of Natural Fibers*. – 2017. – Т. 14, № 1. – С. 126–133.
14. *Барыкина Ю.А.* Применение растровой электронной микроскопии для определения микроструктуры и поглотительной способности сорбента на основе пеньковой костры по отношению к тяжёлым металлам / Ю.А. Барыкина, С.Л. Белопухов, В.В. Федяев, О.А. Жарких, И.И. Дмитриевская // *Известия ТСХА*. – 2019. – № 4. – С. 104–111.

APPLICATION OF NEW CHELATE AGENTS ON OILSEED FLAX

O.A. ZHARKIKH, I.I. DMITREVSUKAYA, S.L. BELOPUKHOV

(Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy)

The article presents data on the effect of complex chelating agents Chelaton Extra and Chelate Zn on the oilseed flax variety Severny when grown at the field station of Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy. The study found that the agent Chelaton Extra increased the fiber yield better, and the agent Zn Chelate increased the seed yield by 0.7–1 c/ha and 2.4–2.5 c/ha, respectively. The agent Chelate Zn, relative to Chelaton Extra, increased proteins in seeds by 2.9–4%, lipids by 3.6–4.2%. The use of complex chelating agents increased the oil yield and the amount of unsaturated fatty acids. The essential α -linolenic (Omega 3) acid increased in the oil of the variant with Zn Chelate up to 62.2% relative to the control (55.5%). The microstructure of the shell of oil flax seeds in all variants of the experiments was smooth, without disturbances and damages. The seed nucleus has a distinct porous structure; no differences were found in the variants. Chelate Zn more affected the seed productivity and nutritional value of flaxseeds and flaxseed oil, and Helaton Extra more affected fiber yield. The authors found that the Zn Chelate agent influenced seeds' chemical composition, promoting an increase in potassium, calcium, magnesium, sulfur, and phosphorus by 1.5–5%.

Key words: flax, yield, seeds, oil, Chelaton Extra, Chelate Zn

References

1. Novikov E.V., Basova N.V., Ushchapovskiy I.V., Bezbabchenko A.V. Maslichniy len kak global'niy syr'evoy resurs dlya proizvodstva volokna [Oilseed flax as a global raw material resource for fiber production]. *Molochnokhozyaystvenniy vestnik*. 2017; 3 (27): 187–203. (In Rus.)
2. Gaynullin R.M. Vozrodim maslichniy len [Let's revive the oilseed flax]. *Dostizhenie nauki i tekhniki APK*. 2008; 5: 37–38. (In Rus.)
3. Q.C. Sheng W.Y. Fu, L.S. Hua, G. Yuan, Z.X. Lin, D. Tussipkan, G. Stybayev, A. Begalina, A. Baitelenova, S. Arystangulov, G. Kipshakpayeva, K.Q. Hua. Flax varieties experimental report in Kazakhstan in 2019. *Journal of natural fibers*. 2020.
4. Belyakova V.G., Belopukhov S.L. K voprosu ob agrotekhnologii vyrashchivaniya l'na maslichnogo v usloviyakh Moskovskoy oblasti [On the question of agrotechnology for growing oilseed flax in the conditions of the Moscow region]. *Sovremennaya nauka: aktual'nye problemy i puti ikh resheniya*. 2013; 4: 72–73. (In Rus.)
5. S.A. Bekuzarova I.M. Haniyeva. Oil flax in the foothills of Northern Caucasus. *Biological systems, biodiversity and stability of plant communities*. 2015: 305–313.
6. Levdanskiy V.A., Levdanskiy A.V., Kuznetsov B.N. Sposob polucheniya iz l'na tsellyuloznogo produkta s vysokim soderzhaniem al'fa-tsellyulozy [A method of obtaining a cellulose product with a high content of alpha-cellulose from flax]. *Zhurnal Sibirskogo federal'nogo universiteta. Seriya Khimiya*. 2014; 7; 1: 63–70. (In Rus.)
7. L. Chursina H. Tikhosova, T. Holovenko, O. Shovkomud, O. Kniaziev, T. Yanyuk. Innovative technologies of oilseed flax straw mechanical processing and quality of obtained fibers. *INMATEH – Agricultural engineering*. 2019; 57; 1: 207–214.
8. A.A. Dmitriev G.S. Krasnov, T.A. Rozhmina, A.V. Zyablitsin, A.V. Snezhkina, M.S. Fedorova, E.N. Pushkova, P. Kezimana, R.O. Novakovskiy, L.V. Povkhova, O.V. Muravenko, N.L. Bolsheva, A.V. Kudryavtseva, N.V. Melnikova, M.I. Smirnova. Flax (*Linum usitatissimum* L.) response to non-optimal soil acidity and zinc deficiency. *BMC Plant biology*. 2019; 19; S1: 54.

9. *Medvedeva Zh.V., Belokurenko S.A., Dorokhova N.D., Kobtseva L.V.* Problema ekologicheskoy bezopasnosti pri ispol'zovanii pestitsidov i agrokhimikatov [The problem of environmental safety in the use of pesticides and agrochemicals]. *Konstruirovaniye, ispol'zovaniye i nadezhnost' mashin sel'skokhozyaystvennogo naznacheniya*. 2019; 1 (18): 326–334. (In Rus.)

10. *Lukomets V.M., Piven' V.T., Tishkov N.M.* Integrirovanniy podkhod k zashchite posevov l'na maslichnogo ot vrednykh organizmov [An integrated approach to the protection of oil flax crops from harmful organisms]. *Zashchita i karantin rasteniy*. 2010; 5: 52–56. (In Rus.)

11. *Belopukhov S.L., Dmitrevskaya I.I., Kalabashkina E.V., Zaitsev S.Yu.* Primene- niye BIK-analiza dlya issledovaniya khimicheskogo sostava i energeticheskoy tsennosti l'nyanoy kostry [Application of NIR analysis to study the chemical composition and energy value of a flax fire]. *Butlerovskie soobshcheniya*. 2014; 38; 5: 112–117. (In Rus.)

12. *Dmitrevskaya I.I., Belopukhov S.L., Fedorova E.Yu., Grigorash A.I., Nefed'eva E.E., Shaykhiev T.G.* Poluchenie ekologicheskii bezopasnoy produktsii iz l'na maslichnogo na fone primeneniya preparata Floravit [Obtaining environmentally friendly products from oilseed flax against the background of the use of the agent Floravit]. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*. 2015; 18; 3: 185–188. (In Rus.)

13. *S. Belopukhov I. Dmitrevskaya, E. Grishina, S. Zaitsev, I. Uschapovskoy* Effects of humic substances obtained from shives on flax yield characteristics. *Journal of Natural Fibers*. 2017; 14; 1: 126–133.

14. *Barykina Yu.A., Belopukhov S.L., Fedyaev V.V., Zharkikh O.A., Dmitrevskaya I.I.* Primene- niye rastrovoy elektronnoy mikroskopii dlya opredeleniya mikrostruktury i poglotitel'noy sposobnosti sorbenta na osnove pen'kovoy kostry po otnosheniyu k tyazholym metallam [The use of scanning electron microscopy to determine the microstructure and absorption capacity of the sorbent based on hemp fire in relation to heavy metals]. *Izvestiya Timiryazevskoy sel'skokhozyaystvennoy akademii*. 2019; 4: 104–111. (In Rus.)

Жарких Ольга Андреевна, аспирант кафедры химии, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: o.a.zharkikh@rgau-msha.ru).

Дмитревская Инна Ивановна, д-р с.-х. наук, зав. кафедрой химии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: i.dmitrevskaya@rgau-msha.ru).

Белопухов Сергей Леонидович, д-р с.-х. наук, канд. хим. наук, профессор кафедры химии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: Sbelopuhov@rgau-msha.ru).

Olga A. Zharkikh, postgraduate student, the Department of Chemistry; Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya Str., Moscow (127550, Russian Federation; E-mail: o.a.zharkikh@rgau-msha.ru).

Inna I. Dmitrevskaya, DSc (Ag), Head of the Department of Chemistry, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya Str., Moscow (127550, Russian Federation; E-mail: i.dmitrevskaya@rgau-msha.ru).

Sergey L. Belopukhov, DSc (Ag), PhD (Chem), Professor, the Department of Chemistry, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya Str., Moscow (127550, Russian Federation; E-mail: Sbelopuhov@rgau-msha.ru).