

## ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ НА СОДЕРЖАНИЕ И КАЧЕСТВО МАСЛА СЕМЯН СОИ

**Л.А. Кучеренко,**

кандидат технических наук

**В. С. Петибская,**

кандидат биологических наук

**С. Г. Ефименко,**

кандидат биологических наук

ФГБНУ ВНИИМК

Россия, 350038, г. Краснодар, ул. им. Филатова, д. 17

Тел.: (861) 274-53-94

E-mail: lak28.05@mail.ru

**Ключевые слова:** соя, агроэкологические зоны выращивания, химический состав семян, масличность семян, жирно-кислотный состав масла, баланс между насыщенными и ненасыщенными жирными кислотами

Проведены сравнительные исследования семян сои южных и северных экогрупп, выращенных в трех эколого-географических зонах возделывания, на содержание масла и его жирно-кислотный состав. Показано изменение в синтезе жирных кислот масла под воздействием разных условий произрастания сои. Проведен анализ соотношения насыщенных и ненасыщенных жирных кислот масла семян сои, выращенной в разных эколого-географических зонах. Определено, что под влиянием температурных условий произрастания сои в большей мере происходит изменение в синтезе мононенасыщенной олеиновой и полиненасыщенной линоленовой жирных кислот масла. Высказано предложение по достижению адаптивности сои к более холодным условиям произрастания в зависимости от способности растений изменять соотношение жирных кислот в масле.

UDC 581.192.7:633.853.52

**Influence of different ecological trials on oil content and quality in soybean seeds.**

**Kucherenko L.A.**, candidate of technology

**Petibskaya V.S.**, candidate of biology

**Efimenko S.G.**, candidate of biology

FGBNU VNIIMK

17, Filatova str., Krasnodar, 350038, Russia

Tel.: (861) 274-53-94

lak28.05@mail.ru

**Key words:** soybean, agroecological production zones, chemical structure of seeds, oil content of seeds, fat and acid composition of oil, balance between saturated and unsaturated acids

There was done a comparative analysis of oil content and fatty-acid composition of oil in soybean seeds of southern and northern ecological groups, grown in the three soil-climatic zones of cultivation. The changes in the synthesis of fatty acids in oil under different growing conditions are shown. A correlation between saturated and unsaturated fatty acids in oil of soybean seeds is analyzed. It is determined that temperatures during soybean growth influenced on changes in the synthesis of monounsaturated oleic and polyunsaturated linolenic fatty acids in oil. There was suggested that soybean can be adaptable to more cold cultivation conditions subject to plants possibility to change a correlation between fatty acids in oil of seeds.

**Введение.** Соя является одной из наиболее ценных пищевых, кормовых и технических культур. По своим биологическим характеристикам она относится к теплолюбивым растениям, но в связи с тем, что соя экономически выгодная безотходная культура многопрофильного использования, ареал её распространения уже достиг северных широт нашей страны (С-Петербург, Москва, Вологда) [1; 2]. При этом возникли проблемы адаптации, главной из которых является приспособляемость растений сои к пониженным температурам в период посева и вегетации.

В условиях Краснодарского края соя, особенно ранних сроков посева, также иногда подвергается кратковременному действию заморозков. Поэтому даже в этой зоне соеяния нужно создавать и использовать холодо- и заморозкоустойчивые сорта. Для этого, прежде всего, нужно знать причину гибели растений при воздействии низких температур.

Поиском механизмов адаптации различных растений к холоду занималось значительное количество исследователей. Они обнаружили большое разнообразие процессов адаптации организмов к пониженным температурам. Это и увеличение степени ненасыщенности жирных кислот

клеточных мембран, и синтез веществ с криопротекторными свойствами: гидрофильных белков, моно- и олигосахаров, способных связать свободную воду в клетках, тем самым препятствуя образованию льда в них [3; 4; 5; 6; 7; 8].

Одним из первоначальных откликов растения на понижение температуры окружающей среды является изменение в механизме синтеза жирных кислот в сторону увеличения содержания полиненасыщенных [9; 10; 11; 12; 13; 14; 15].

Благодаря современным достижениям в исследованиях структуры клетки ученым удалось установить, что жирные кислоты являются важным элементом в мембране клетки и определяют ее подвижность. Она, в свою очередь, зависит от соотношения насыщенных и ненасыщенных жирных кислот, и, чем больше ненасыщенных жирных кислот, тем будет подвижнее бислой мембраны. В случае понижения температуры окружающей среды до значения, соответствующего фазовому переходу липидов, бислой превращается из текучего и подвижного состояния в твердое, гелеподобное, и тем самым нарушает деятельность клетки. То есть состав жирных кислот липидного бислоя определяет их фазовый переход к твердому состоянию: чем больше содержится остатков ненасыщенных (особенно полиненасыщенных) жирных кислот, тем при более низких температурах происходит их фазовый переход [16; 17].

Целью данной работы было определение степени различия жирно-кислотного состава масла семян сои в зависимости от зон её выращивания, отличающихся по температурным условиям. А также поиск метода выделения исходного материала для селекции сортов, адаптивных к пониженным температурам.

**Материалы и методы.** В соответствии с поставленной целью и задачами объекта-

ми исследования были 14 образцов семян сои урожая 2006, 2008 гг., выращенных отделом сои на ЦЭБ ВНИИМК, а также на Алексеевской опытной станции ВНИИМК и в Вологодской области.

При проведении экспериментальных исследований использовали современные инструментальные методы физико-химического анализа (капиллярную газожидкостную хроматографию, спектроскопию в ближней инфракрасной области). Содержание масла определяли на спектральном инфракрасном анализаторе Nir System-4500; жирно-кислотный состав масла – хроматографическим методом по ГОСТ 30418-96 на приборе «Кристалл 2000 М», а также по разработанному нами новому методу с использованием спектрального анализатора Nir System 4500.

**Результаты и обсуждение.** Адаптивность растений сои к пониженным температурам можно проследить, выращивая одни и те же сорта в разных климатических зонах.

Учитывая важность липидов в обеспечении адаптивности растений к пониженным температурам, проведены исследования семян сои пяти сортов селекции ВНИИМК, выращенных в 2006 г. в двух зонах выращивания, а именно: в условиях Краснодарского края (г. Краснодар, ЦЭБ ВНИИМК – 45° с. ш.) и Белгородской области (Алексеевская опытная станция ВНИИМК – 50° с. ш.) (табл. 1).

Сорта сои, выращенные в южном регионе, сформировали урожай семян с невысокой средней масличностью (19,3 %), повышенным содержанием мононенасыщенной олеиновой кислоты (МНЖК) (в среднем 31,2 %) и малым содержанием полиненасыщенной линоленовой кислоты (в среднем 5,8 %). Такой важный показатель для мембраны клетки, как баланс насыщенных (НЖК) и полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК), был в среднем 1 : 3,9.

Таблица 1

**Влияние зон выращивания различных сортов сои на содержание масла и его жирно-кислотный состав**

ВНИИМК, 2006 г.

Сорт	Зона выращивания											
	ЦЭБ ВНИИМК						Алексеевская ОС ВНИИМК					
	содержание масла, %	содержание ЖК в масле, %					содержание масла, %	содержание ЖК в масле, %				
		НЖК* C16:0+C18:0	МНЖК** C 18:1	ПНЖК***		НЖК/ПНЖК		НЖК* C16:0+C18:0	МНЖК** C 18:1	ПНЖК***		НЖК/ПНЖК
C 18:2	C 18:3	C 18:2	C 18:3	C 18:2	C 18:3							
Алдана	18,1	13,4	18,1	50,9	7,6	1:4,4	22,5	13,9	24,7	50,2	11,0	1:4,4
Альба	21,4	14,1	29,7	49,8	5,3	1:3,9	26,0	14,7	17,3	51,5	14,4	1:4,5
Ника	22,6	14,0	34,7	47,6	3,2	1:3,6	26,9	13,8	20,9	50,9	13,1	1:4,6
Дельта	17,6	14,3	31,6	48,1	6,3	1:3,8	23,9	14,5	17,0	52,5	14,5	1:4,6
Лань	16,6	13,6	30,9	49,3	6,7	1:4,1	21,3	14,1	17,9	52,3	13,9	1:4,7
Среднее	<b>19,3</b>	<b>13,9</b>	<b>31,2</b>	<b>49,1</b>	<b>5,8</b>	<b>1:3,9</b>	<b>24,1</b>	<b>14,2</b>	<b>19,5</b>	<b>51,5</b>	<b>13,4</b>	<b>1:4,6</b>

\*НЖК – насыщенные жирные кислоты; \*\*МНЖК – мононенасыщенные жирные кислоты; \*\*\*ПНЖК – полиненасыщенные жирные кислоты; C 16:0 – пальмитиновая кислота; C 18:0 – стеариновая кислота; C 18:1 – олеиновая кислота; C 18:2 – линолевая кислота; C 18:3 – линоленовая кислота



В более северной зоне выращивания все эти сорта увеличили масличность семян в среднем примерно на 5 %, а сорт Дельта – даже на 6,3 %. Существенные изменения произошли в составе ненасыщенных жирных кислот. В масле семян синтезировано в среднем в 1,6 раза меньше мононенасыщенной олеиновой кислоты и в 2,3 раза больше полиненасыщенной линоленовой. Небольшое увеличение произошло также в количестве ненасыщенной линолевой кислоты, а сумма ПНЖК в среднем на 10 % превышала сумму этих кислот, накопившихся в масле семян, выращенных на юге. В синтезе НЖК существенных сдвигов не наблюдалось.

При анализе соотношения НЖК и ПНЖК было показано, что при продвижении выращивания сортов на север произошло изменение баланса жирных кислот в сторону увеличения полиненасыщенных (в среднем 1 : 4,6), что согласуется с работами Lunch, Рамазанова, Тарчевского [12; 13; 14].

Наши дальнейшие исследования влияния эколого-географических условий выращивания сои на содержание и качество масла семян проводились на двух экотипах сои. Были взяты пять сортов северного экотипа (Свапа, Окская, Светлая, Касатка, Белгородская) и четыре сорта южного экотипа (Лира, Вилана, Селекта 101, Селекта 301). Они выращены в трех зонах возделывания: Краснодарский край, Белгородская и Вологодская области (табл. 2). Сорта северного экотипа сформировали урожай во всех исследуемых зонах, а южный не выжил на 59° с. ш. (Вологодская область).

Анализ данных показал существенные различия между зонами возделывания сои, как по уровню накопления масла, так и по содержанию моно- и полиненасыщенных жирных кислот в семенах сои северного и южного экотипов, выращенных в трех различных зонах возделывания сои.

**Влияние эколого-географических зон выращивания сортов сои различных экотипов на содержание масла и его жирно-кислотный состав**

ВНИИМК, 2008 г.

Экотип	Содержание масла, %	Содержание жирных кислот в масле, %					
		НЖК (С 16:0 + С 18:0)	МНЖК (С 18:1)	ПНЖК		сумма ПНЖК	НЖК/ ПНЖК
				С 18:2	С 18:3		
Вологодская область, 59° с. ш.							
Северный	20,5	13,3	18,1	53,7	14,9	68,6	1:5,2
Южный	-	-	-	-	-	-	-
Белгородская область, Алексеевка, 50° с. ш.							
Северный	21,6	13,2	27,0	50,9	8,9	59,8	1:4,5
Южный	25,0	13,6	28,0	50,4	8,0	58,4	1:4,3
г. Краснодар, ЦЭБ ВНИИМК, 45° с. ш.							
Северный	20,4	13,9	32,5	48,6	5,0	53,6	1:3,9
Южный	22,4	14,5	32,3	49,1	4,1	53,2	1:3,7

Содержание масла в семенах сортов северного экотипа, выращенных в трех зонах, находилось в пределах 20,4–21,6 % и было в среднем на 2,7 % ниже, чем в семенах сортов южного экотипа, выращенных в Белгородской области и Краснодарском крае (22,4–25,0 %).

Как у северного, так и у южного экотипов сои при выращивании в разных экологических условиях трансформируется качественный состав масла. При продвижении посевов сои с юга на север содержание мононенасыщенной олеиновой кислоты снижается с 32,3–32,5 до 18,1 % (в 1,8 раза). Количество полиненасыщенных жирных кислот увеличивается: линолевой кислоты с 48,6–49,1 до 53,7 % (в 1,1 раза), а линоленовой – с 4,1–5,0 до 14,9 % (в 3,3 раза).

Этот факт особенно важен, т.к. степень ненасыщенности линоленовой кислоты самая высокая и возрастание её содержания в масле наибольшее. А это значит, что переход липидов клеточных мембран из текучего и подвижного состояния в твердое происходит при более низких температурах, обеспечивая тем самым растениям адаптивность, т.е. более высокий уровень возможностей растения к приспособляемости.

Содержание насыщенных кислот в масле изменяется не столь существенно, хотя тренд на снижение их суммы всё же заме-

тен. По мере продвижения посевов с юга на север сумма НЖК снижается в 1,1 раза.

В изменчивости суммы всех ненасыщенных жирных кислот (олеиновой, линолевой, линоленовой) закономерность не проявилась, в то время как сумма только полиненасыщенных жирных кислот (линолевой и линоленовой) увеличилась при продвижении посевов с юга на север в 1,3 раза. Этот тренд присущ как южным, так и северным экотипам. Причем южный экотип уступал северному в уровне возможности изменения синтеза полиненасыщенных жирных кислот в сторону увеличения. Вероятнее всего это стало одной из причин, почему растения сои южного экотипа не выжили в Вологодской области.

Важно отметить, что в качественном составе масла семян сои между разными ее экотипами, выращенными в одинаковых благоприятных условиях, существенных различий нет.

**Выводы.** 1. В масле семян сои при понижении температуры воздуха окружающей среды увеличивается доля полиненасыщенных жирных кислот и в наибольшей степени усиливается синтез полиненасыщенной линоленовой кислоты. Содержание мононенасыщенной олеиновой кислоты уменьшается.

2. При создании сортов, способных выдерживать воздействие пониженных температур, следует отбирать сортообразцы, в масле семян которых наблюдается наибольшее содержание линоленовой кислоты и наибольшее отношение суммы полиненасыщенных к сумме насыщенных жирных кислот.

#### Список литературы

1. Сеферова И.В., Никишина М.А. Потенциал сои зернового и кормового направления на северо-западе России // Сборник статей координационного совещания (ВНИИМК). – Краснодар, 2004. – С. 59–61.
2. Петибская В.С. Соя: химический состав и использование. – Майкоп: ОАО «Полиграф-Юг», 2012. – 432 с.
3. Туманов И. И., Красавцев О.А., Трунова Т.И. Выживание озимой пшеницы при минус 196 °С в

результате витрификации // Доклады АН СССР. – 1965. – Т. 161. – С. 978–981.

4. Туманов И.И. Физиология закаливания и морозостойкости растений. – М.: Наука, 1979. – 357 с.

5. Трунова Т.И. Сахара как один из факторов, повышающих морозостойкость растений // Известия АН СССР. Серия биология. – 1972. – № 2. – С. 185–189.

6. Трунова Т.И. Физиологические и биохимические основы адаптации растений к морозу // Сельскохозяйственная биология. – 1984. – № 6. – С. 3–10.

7. Красавцев О.А. Свойства плазмалеммы морозостойких растительных клеток // Успехи современной биологии. – 1988. – № 106. – С. 143–157.

8. Самыгин Г.А. Образование льда в растениях // Физиология растений. – 1997. – Т. 44. – № 2. – С. 275–286.

9. Danielli J.F., Davson H. The Permeability of Natural membranes // Cambridge Univ. Press, London. – New York, 1943.

10. Seno S., Contry E.V. Ultracellular membraneous Structure // Japan Society of Cell Biology. – Okayama, 1965.

11. Morre D.J. Membrane biogenesis / Plant Physiolog. – 1975. – № 26. – P. 441–481.

12. Lunch D.V., Thompson G.A. Microsomal Phospholipid Molecular Species Alterations during low Temperature Acclimations in *Dunaliella salina* // Plant Physiol. – 1984. – V. 74. – № 2. – P. 193–197.

13. Рамазанов Э.М., Клячко-Гурвич А.Л., Ксенофонтова Г.Л., Семенов В.Е. Влияние субоптимальной температуры на содержание β-каротина и липидов у галофильной водоросли *Dunaliella salina* // Физиология растений. – 1988. – Т. 35. – Вып. 5. – С. 864–872.

14. Тарчевский И.А. Регуляторная роль деградации биополимеров и липидов // Физиология растений. – 1992. – Т. 39. – Вып. 6. – С. 1215–1223.

15. Клячко-Гурвич Г.Л., Пронина Н.А., Фурнаджиева С., Рамазанов З.М., Петков Г. Действие субоптимальной температуры на липидный состав и состояние мембран *Dunaliella salina* // Физиология растений. – 1997. – Т. 44. – № 2. – С. 212–221.

16. Ленинджер А. Основы биохимии; пер. с англ. под редакцией В.А. Энгельгарда и Я.М. Варшавского. – М.: Мир, 1985. – Т. 2. – 633 с.

17. Гудвин Т., Мерсер Э. Введение в биохимию растений; пер. с англ. в 2-х т. – М.: Мир, 1986. – С. 364.

#### References

1. Seferova I.V., Nikishina M.A. Potentsial soi zernovogo i kormovogo napravleniya na severo-zapade Rossii // Sbornik statey koordinatsionnogo soveshchaniya / VNIIMK. – Krasnodar, 2004. – S. 59–61.
2. Petibskaya V.S. Soya: himicheskiy sostav i ispol'zovanie. – Maykop: OAO «Poligraf-Yug», 2012. – 432 s.

3. Tumanov I. I., Krasavtsev O.A., Trunova T.I. Vyzhivanie ozimoy pshenitsy pri minus 196° S v rezul'tate vitrifikatsii // Doklady AN SSSR. – 1965. – T. 161. – S. 978–981.

4. Tumanov I. I. Fiziologiya zakalivaniya i morozostoykosti rasteniy. – M.: Nauka, 1979. – 357 s.

5. Trunova T.I. Sakhara kak odin iz faktorov, povyshayushchih morozostoykost' rasteniy // Izvestiya AN SSSR. Seriya biologiya. – 1972. – № 2. – S. 185–189.

6. Trunova T.I. Fiziologicheskie i biohimicheskie osnovy adaptatsii rasteniy k morozu // Sel'skohozyaystvennaya biologiya. – 1984. – № 6. – S. 3–10.

7. Krasavtsev O.A. Svoystva plazmalemy morozostoykih rastitel'nyh kletok // Uspеhi sovremennoy biologii. – 1988. – № 106. – S. 143–157.

8. Samygin G.A. Obrazovanie l'da v rasteniyah // Fiziologiya rasteniy. – 1997. – T. 44. – № 2. – S. 275–286.

9. Danielli J.F., Davson H. The Permeability of Natural membranes. – Cambridg Univ. Press, London – New York, 1943.

10. Seno S., Contry E.V. Ultracellular membraneous Structure // Japan Society of Cell Biology. – Okayama, 1965.

11. Morre D.J. Membrane biogenesis / Plant. Physiolog. – 1975. – № 26. – P. 441–481.

12. Lunch D.V. Microsomal Phospholipid Molecular Species Alterations during low Temperature Acclimations in *Dunaliella salina* / D.V. Lunch, G.A. Thompson // Plant Physiol. – 1984. – V. 74. – № 2. – P. 193–197.

13. Ramazanov E.M., Klyachko-Gurvich A.L., Ksenofontova G.L., Semenenko V.E. Vliyanie suboptimal'noy temperatury na sodержanie  $\beta$ -karotina i lipidov u galofil'noy vodorosli *Dunaliella salina* // Fiziologiya rasteniy. – 1988. – T. 35. – Vyp. 5. – S. 864–872.

14. Tarchevskiy I.A. Regulyatornaya rol' degradatsii biopolimerov i lipidov // Fiziologiya rasteniy. – 1992. – T. 39. – Vyp. 6. – S. 1215–1223.

15. Klyachko-Gurvich G.L., Pronina N.A., Furnadzhieva S., Ramazanov Z.M., Petkov G. Deystvie suboptimal'noy temperatury na lipidnyy sostav i sostoyanie membran *Dunaliella salina* // Fiziologiya rasteniy. – 1997. – T. 44. – № 2. – S. 212–221.

16. Lenindzher A. Osnovy biokhimii; per. s angl. pod red. V.A. Engel'garda i Ya.M. Varshavskogo. – M.: Mir, 1985. – 2 tom. – 633 s.

17. Gudvin T., Merser E. Vvedenie v biokhimiyu rasteniy; per. s angl. v 2-h t.– M.: Mir, 1986. – S. 364.