

ВЛИЯНИЕ АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ЖИРНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ СОИ СЕВЕРНОГО ЭКОТИПА

БЕЛЫШКИНА Марина Евгеньевна, Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ

КОБОЗЕВА Тамара Петровна, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева

Выявлены агроклиматические факторы, оказывающие влияние на жирнокислотный состав семян сои северного экотипа, и определен сорт, в наибольшей степени соответствующий группе пищевых по качеству жира. В качестве объектов исследования были выбраны сорта и форма сои северного экотипа – Светлая, Магева, Окская и М-52. Урожайность семян сои в среднем за три года исследований составила по сортам от 1,81 до 2,57 т/га, содержание жира в семенах – 19,4–21,5 %, общий сбор – 357–548 кг/га. В жире семян сои сортов и формы северного экотипа содержалось 11,36–11,43 % пальмитиновой кислоты и значительно меньше олеиновой – 7,43–11,27 %. У традиционных сортов значения этих показателей были 9,75 и 24,80 % соответственно. В условиях достаточного увлажнения (2017 г.) в жирнокислотном составе семян наблюдали преобладание насыщенной пальмитиновой кислоты, а в засушливые годы (2018–2019 гг.) – ненасыщенных жирных кислот – олеиновой, линолевой и линоленовой, их сумма составила в засушливые годы 73 %, при достаточном увлажнении – 67 %. Лучшая освещенность верхних ярусов растений способствовала активизации синтеза ненасыщенных жирных кислот. Установлено, что по жирнокислотному составу сорт Светлая в большей степени приближается к сортам сои пищевого назначения.

Введение. Уникальный биохимический состав зерна сои, включающий в себя до 52 % белка и до 27 % жира, многофункциональное использование и высокая рентабельность культуры обусловили быстрый рост ее мирового и отечественного производства. Высокая масличная продуктивность сои послужила основой для 1/3 мирового производства растительных жиров [4, 8, 10].

По биологической ценности и качеству, выраженных в содержании ценных ненасыщенных жирных кислот, токоферолов, фосфолипидов и лицетина, соевый жир соответствует стандартам Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН и Всемирной организации здравоохранения [5, 6].

Цель исследования – выявить агроклиматические факторы, оказывающие влияние на жирнокислотный состав семян сои северного экотипа, и определить сорт, в наибольшей степени соответствующий группе пищевых по качеству жира.

Методика исследований. Опыты закладывали в 2017–2019 гг. в Институте семеноводства и агротехнологий – филиале Федерального научного агроинженерного центра ВИМ (ИСА ФНАЦ ВИМ), расположенном в Рязанской области.

В ходе исследований сравнивали сорта сои северного экотипа по характеристикам жирового комплекса (содержание жира, жирнокислотный состав, жировая продуктивность) между собой в разные по влагообеспеченности годы; изучали состояние жирового комплекса в семенах различного матриального происхождения; сравнивали сорта северного и южного происхождения по содержанию жира и жирнокислотному составу между собой и с пищевыми сортами.

Почва участка – темно-серая лесная тяжелосуглинистая, рН_{сол} – 5,25 (ГОСТ 26483-85); содержа-

ние гумуса – 5,3 % (по Тюрину), подвижного фосфора – 34,0 мг и калия – 19,2 мг на 100 г почвы, азота нитратного – 8,4 мг/кг (ГОСТ 26951-86), азота аммонийного – 1,57 мг/кг (ГОСТ 26489-85).

В качестве объектов исследования были выбраны сорта сои северного экотипа Светлая, Магева, Окская и форма М-52 – совместной селекции ИСА ФНАЦ ВИМ и РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева. Способ посева – обычный рядовой с шириной междурядий 15 см, повторность – четырехкратная, густота стояния растений – 600 тыс. шт. на 1 га, размещение делянок – рендомизированное, площадь учетной делянки – 18 м². Учет урожайности проводили методом сплошной уборки с приведением урожая семян к стандартной 14%-й влажности и 100%-й чистоте. Опыты проводили в соответствии со стандартными методиками [1, 9]. Агротехника – общепринятая для зоны выращивания [3].

Жирнокислотный состав масел сои определяли на газовом хроматографе Shimadzu GC-2014 с пламенно ионизационным детектором. Статистический анализ результатов проводили с использованием приложения Microsoft Excel и статистического пакета IBM SPSS Statistics методом дисперсионного анализа. Анализ жирнокислотного состава сортов северного экотипа в сравнении с сортами южного экотипа и пищевыми проводили согласно классификации, разработанной во ВНИИМК имени В.С. Пустовойта [2, 7].

Метеорологические условия вегетационных периодов в годы исследований различались по температурному режиму и количеству осадков. Близким к климатической норме был 2017 г., ГТК составил 1,08–1,22; 2018 и 2019 гг. можно отнести к засушливым, так как ГТК за вегетацию был в пределах 0,62–0,70, что свидетельствует о значительном дефиците осадков.





Результаты исследований. Урожайность семян в среднем за годы исследований составила 1,81–2,57 т/га, при содержании жира в семенах от 19,4 до 21,5 % и сборе с гектара – 357–548 кг и белка в семенах – от 39,5 до 41,2 % и сборе с гектара – 734–1015 кг (табл. 1).

Наибольшее содержание жира в семенах было у селекционной формы М-52 – 21,5 %, что на 1,6–2,1 % выше, чем у других сортов сои северного экотипа. В то же время содержание белка в семенах было ниже, чем у остальных сортов, что подтверждает общую закономерность снижения белковистости семян при увеличении их масличности.

Благодаря более высокой урожайности семян общий сбор жира и белка с урожаем был самым высоким у селекционной формы М-52 – 548 и 1015 кг/га соответственно, что в среднем на 20–35 % выше, чем у других сортов.

В среднем в семенах изучаемых сортов северного экотипа содержалось 69,01 % ненасыщенных жирных кислот (табл. 2), в то время как у пищевых сортов содержание этих кислот достигало 80,00 %.

Полиненасыщенных жирных кислот (линолевой и линоленовой) в наибольшем количестве было обнаружено у формы М-52 – 60,05 %, далее следуют Окская – 58,97 %, Светлая – 58,88 % и Магева – 58,34 %, в среднем – 58,72 %. По величине этого показателя все исследуемые сорта приближаются к традиционным (в среднем – 60,80 %) и пищевым

(в среднем – 60,50 %). По этому показателю следует особенно выделить селекционную форму М-52.

По соотношению линолевой и линоленовой кислот самым близким к пищевым сортам оказался сорт Светлая – 5,65 %, далее следовали М-52 – 6,10 %, Магева – 6,71 %, Окская – 6,79 %. Содержание олеиновой мононенасыщенной жирной кислоты (в среднем – 9,51 %) у сортов и форм северного экотипа было значительно ниже, чем у южных и пищевых. На насыщенные жирные кислоты (пальмитиновую и стеариновую) приходилось в среднем по изучаемым сортам 15,32 %, что соответствовало жиру пищевых сортов (в среднем – 13,80 %).

В год с достаточным увлажнением в жире содержалось в 1,2–1,8 раза больше пальмитиновой кислоты, чем в засушливые годы. В годы с недостаточным увлажнением преобладали олеиновая, линолевая и линоленовая кислоты. Сумма всех ненасыщенных жирных кислот составила в засушливые годы 73 %, в годы с достаточным увлажнением – 67 % (табл. 3). С точки зрения оценки пищевой ценности жирнокислотного состава соотношение линолевой и линоленовой кислот при дефиците влаги более благоприятно и соответствует пищевым сортам сои, чем в условиях достаточного увлажнения [11].

В засушливые годы в семенах сои увеличивалось содержание мононенасыщенной олеиновой кислоты, в среднем по сортам – на 2,75 %, а полиненасыщенной линоленовой – на 2,64 %. В сумме

Таблица 1

Продуктивность и качество семян сои северного экотипа (среднее за 2017–2019 гг.)

Сорт, форма	Урожайность, т/га	Содержание, % АСВ			Сбор с урожаем семян, кг/га	
		жира	белка	углеводов	жира	белка
Светлая	2,28	19,4	41,2	30,5	442	939
Магева	1,81	19,7	40,9	30,1	357	740
Окская	1,81	19,9	40,6	30,3	360	735
М-52	2,57	21,5	39,5	30,1	548	1015
НСР ₀₅	0,02	0,16	0,12	0,14	–	–

Таблица 2

Жирнокислотный состав семян сои северного экотипа (среднее за 2017–2019 гг.)

Сорт, форма	Жирная кислота, % от общего содержания						Сумма ненасыщенных кислот (А+Б+В)	Сумма полиненасыщенных кислот (Б+В)	Отношение линолевой (Б) кислоты к линоленовой (В)
	пальмитиновая	стеариновая	насыщенные	олеиновая мононенасыщенная (А)	линолевая (Б)	линоленовая (В)			
Светлая	11,43	3,89	15,32	7,43	50,01	8,87	66,31	58,88	5,65
Магева	11,42	3,95	15,37	10,08	50,78	7,57	68,43	58,34	6,71
Окская	11,40	3,89	15,29	11,01	50,28	7,41	69,98	58,97	6,79
М-52	11,36	3,92	15,28	11,27	50,22	8,23	71,32	60,05	6,10
Среднее	11,41	3,91	15,32	9,51	50,36	8,36	69,01	58,72	6,02
НСР ₀₅	0,02	0,03	0,04	0,18	0,28	0,38	–	–	–
Традиционные сорта южного экотипа [7]	9,75	4,43	12,80	24,80	52,8	6,85	84,60	60,80	7,71
Пищевые сорта [7]	13,6	2,7	13,80	19,50	54,5	9,9	80,00	60,50	5,50

Содержание жирных кислот в масле семян сои северного экотипа в зависимости от влагообеспеченности, % от общего содержания суммы жирных кислот

Сорт, форма	Пальмитиновая		Стеариновая		Олеиновая		Линолевая		Линоленовая	
	2018–2019 гг.*	2017 г.**								
Светлая	11,14	11,41	3,93	3,82	10,01	8,77	50,60	49,79	9,97	7,65
Магева	11,00	11,51	3,93	3,88	12,70	9,41	51,10	50,80	9,00	5,80
Окская	10,91	11,80	3,90	3,87	12,98	10,22	50,90	49,95	10,02	7,43
М-52	10,88	11,88	3,90	3,93	13,10	9,60	50,97	50,25	10,97	9,14
Среднее	10,98	11,63	3,91	3,87	12,19	9,44	50,79	50,18	10,00	7,35
НСР ₀₅	0,08	0,12	0,02	0,04	0,21	0,18	0,16	0,25	0,36	0,54

* засушливые годы; ** год с достаточным количеством осадков.

незаменимые жирные кислоты в жирнокислотном составе семян сои северного экотипа достигали в засушливые годы 73 %, а в годы с достаточным количеством осадков только 67 %. При этом реакция сортов на изменение температурно-влажностного режима вегетационного периода была различной. Наиболее выраженной она была у сорта Магева, когда разница по сумме незаменимых жирных кислот достигала 6,78 %; наименее выраженная сортовая реакция была у сорта Светлая – 4,37 %.

В ходе наблюдений и анализов была выявлена биологическая особенность сортов сои северного экотипа, связанная с дифференцированным содержанием жирных кислот в семенах, в зависимости от расположения бобов в определенных узлах по профилю растения. В результате биохимического анализа семян сорта Светлая, который наиболее приближен к пищевым, было установлено, что снизу-вверх по профилю растения содержание в жире семян ненасыщенных жирных кислот возрастало, а содержание насыщенных, наоборот,

снижалось (табл. 4). Так, в семенах, сформированных на верхних узлах, содержание ненасыщенных жирных кислот составило 71,42 %, полиненасыщенных – 59,45 %, а в нижних узлах – 64,44 и 56,09 % соответственно. Содержание насыщенных жирных кислот снижалось с 15,17 % на 3-м узле до 14,69 % на 14-м узле.

Можно предположить, что лучшая освещенность верхних ярусов обеспечивает лучший синтез ненасыщенных жирных кислот. Так, на верхних побегах сумма ненасыщенных жирных кислот составила 69–71 %, в то время как на нижних – 64–67 %.

Заключение. В условиях достаточного увлажнения в жирнокислотном составе семян сои северного экотипа преобладает насыщенная пальмитиновая кислота, а в засушливые годы – ненасыщенные жирные кислоты (олеиновая, линолевая и линоленовая). Содержание ненасыщенных жирных кислот в семенах было выше в засушливые годы и составило 73 %, в годы с достаточным увлажнением – 67 %.

Таблица 4

Биохимический состав жира семян сои сорта Светлая в разных узлах, % от общего содержания суммы жирных кислот (среднее за 2017–2019 гг.)

Узел крепления (снизу-вверх по профилю растения)	Пальмитиновая	Стеариновая	Насыщенные	Олеиновая (мононенасыщенная) (А)	Линолевая (Б)	Линоленовая (В)	Ненасыщенные (А+Б+В)	Полиненасыщенные (Б+В)	Отношение линолевой (Б) к линоленовой (В)
3-й	11,30	3,87	15,17	8,35	50,00	6,09	64,44	56,09	8,21
4-й	11,28	3,88	15,16	8,51	50,06	6,59	65,16	56,65	7,59
5-й	11,25	3,89	15,13	8,52	50,64	7,09	66,25	57,73	7,14
6-й	11,14	3,89	15,13	9,08	50,62	7,13	66,83	57,75	7,09
7-й	11,11	3,90	15,01	9,50	50,63	7,71	67,84	58,92	6,56
8-й	11,11	3,91	15,02	9,53	50,69	7,72	67,94	58,41	6,56
9-й	11,10	3,90	15,00	10,06	50,70	8,06	68,12	58,06	6,29
10-й	10,89	3,91	14,80	10,08	50,71	8,08	68,87	58,79	6,27
11-й	10,80	3,91	14,71	10,11	50,75	8,09	69,95	59,84	6,27
12-й	10,79	3,91	14,70	11,18	50,76	8,09	70,02	59,84	6,27
13-й	10,77	3,92	14,69	11,44	50,98	8,41	70,83	59,39	6,06
14-й	10,74	3,92	14,69	11,97	50,99	8,46	71,42	59,45	6,02
НСР ₀₅	0,38	0,02	0,15	1,23	0,32	0,84	1,81	1,76	0,92





Лучшая освещенность верхних ярусов растений сои способствовала активизации синтеза в семенах ненасыщенных жирных кислот. Соотношение линолевой и линоленовой кислот у сорта Светлая в большей степени соответствовало группе пищевых сортов. Таким образом, этот сорт может быть рекомендован для использования на пищевые цели.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Влияние норм высева и способов посева на урожайность и качество семян раннеспелых сортов и форм сои северного экотипа / М.Е. Бельшикина [и др.] // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 4. – С. 182–190.
2. Влияние погодно-климатических условий на содержание белка и масла в семенах сои на Северном Кавказе / Л.Ю. Новикова [и др.] // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2018. – Т. 22. – № 6. – С. 708–715.
3. Гатаулина Г.Г., Бельшикина М.Е. Рост и развитие раннеспелых сортов сои при разных сроках посева в Московской области // Кормопроизводство. – 2012. – № 3. – С. 26–28.
4. Дорохов А.С., Бельшикина М.Е., Большева К.К. Производство сои в Российской Федерации: основные тенденции и перспективы развития // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 3 (47). – С. 25–33.
5. Зайцев Н.И., Бочкарев Н.И., Зеленцов С.В. Перспективы и направления селекции сои в России в условиях реализации национальной стратегии импортозамещения // Масличные культуры: Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. – 2016. – Вып. 2(166). – С. 3–11.
6. Некрасов А.Ю. Соя: источники из коллекции генетических ресурсов ВИР // Труды по прикладной

ботанике, генетике и селекции. – 2020. – Т. 181. – № 1. – С. 48–52.

7. Петибская В.С. Соя: химический состав и использование. – Майкоп: Полиграф Юг, 2012. – 432 с.
8. Сеферова И.В., Мистюрина Т.В., Никишкина М.А. Эколого-географическая оценка биологического потенциала скороспелых сортов и осевление сои // Сельскохозяйственная биология. – 2007. – № 5. – С. 42–47.
9. Синеговская В.Т., Наумченко Е.Т., Кобозева Т.П. Методы исследований в полевых опытах с соей. – Благовещенск, 2016. – 116 с.
10. Чекмарев П.А., Артюхов А.И. Рациональные подходы к решению проблемы белка в России // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – № 6. – С. 5–8.
11. Jumrani K., Bhatia V.S. Interactive effect of temperature and water stress on physiological and biochemical processes in soybean // Physiology and Molecular Biology of Plants, 2019, Vol. 25, No. 3, P. 667–681.

Бельшикина Марина Евгеньевна, канд. с.-х. наук, старший научный сотрудник лаборатории прогнозирования развития систем машин и технологий в АПК, Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ. Россия.

109428, г. Москва, 1-й Институтский проезд, 5.

Тел.: (903) 271-31-05.

Кобозева Тамара Петровна, д-р с.-х. наук, проф. кафедры "Эксплуатация машинно-тракторного парка и высокие технологии в растениеводстве", Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева. Россия.

127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49.

Тел.: (499) 976-04-80, e-mail: mgau0103@gmail.com.

Ключевые слова: *Glycine max* (L.) Merr.; сорта; урожайность; жир; жирные кислоты.

THE INFLUENCE OF AGRO-CLIMATIC CONDITIONS ON THE FATTY ACID COMPOSITION OF SOYBEANS OF THE NORTHERN ECOTYPE

Belyshkina Marina Evgenievna, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Research, Federal Scientific Agroengineering Center VIM. Russia.

Kobozeva Tamara Petrovna, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the chair "Machine and Tractor Fleet Operation and High Technologies in Crop Production", Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy. Russia.

Keywords: *Glycine max* (L.) Merr.; varieties; yield; fat; fatty acids.

In terms of biological value and quality, soy fat meets the standard of the Food and Agriculture Organization of the United Nations and the World Health Organization. The aim of the study was to identify agro-climatic factors that affect the fatty acid composition of soybean seeds of the northern ecotype and to determine the variety that most corresponds to the group of food fat quality. Field experiments were conducted in 2017–2019 in the Ryazan region at the experimental base of the Institute of Seed Production and Agricultural Technologies—a branch of

the FGBNU FNAC VIM. Varieties and forms of soybeans of the northern ecotype – Light, Mageva, Okskaya and M-52 were selected as objects of research. The results of the study. The average yield of soybean seeds for three years of research was from 1.81 to 2.57 t / ha for varieties, the fat content in the seeds was 19.4–21.5 %, the total harvest was 357–548 kg/ha. The fat of soybean seeds of varieties and forms of the northern ecotype contained 11.36–11.43 % palmitic acid and significantly less oleic acid-7.43–11.27 %. While in traditional varieties, the values of these indicators were 9.75 % and 24.80 %, respectively. In conditions of sufficient moisture (2017), the predominance of saturated palmitic acid in the fatty acid composition of seeds was observed, and in dry years (2018–2019) – unsaturated fatty acids – oleic, linoleic and linolenic, their sum was 73 % in dry years, with sufficient moisture – 67 %. Better illumination of the upper tiers of plants contributed to the activation of the synthesis of unsaturated fatty acids. It was found that, according to the fatty acid composition, the Light soy variety is more close to the varieties of soy for food purposes.