

**БИОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ СЕМЯН РАННЕСПЕЛЫХ СОРТОВ СОИ И ЕГО ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОРТОВЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ И МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ВЕГЕТАЦИОННОГО ПЕРИОДА**

**Белышкина Марина Евгеньевна**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории прогнозирования развития систем машин и технологий в АПК ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»  
109428, г. Москва, 1-й Институтский проезд, д. 5; тел.: (903) 271-31-05;  
e-mail: vimsoya@yandex.ru

**Ключевые слова:** соя, северный экотип, биохимический состав семян, белок, аминокислоты, жир, жирные кислоты, сбор белка и жира.

Соя является одной из наиболее ценных сельскохозяйственных культур, в состав белков которой входят незаменимые аминокислоты, близкие по составу белкам животного происхождения, а жир по своему составу превосходит подсолнечное и оливковое масло. Цель исследований - сравнительное изучение биохимического состава семян сортов сои северного экотипа в зависимости от сортовых особенностей и метеорологических условий вегетационного периода. Многолетние полевые опыты (2002–2019 гг.) проводились на опытном поле лаборатории растениеводства РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева. Объектами изучения были сорта сои северного экотипа – Светлая, Магева, Окская. Биохимический анализ семян был выполнен в лаборатории исследований технологических свойств сельскохозяйственных материалов ФГБНУ ФНАЦ ВИМ. В семенах сортов сои северного экотипа содержится 40,6–41,2 % белка и 19,4–19,9 % жира. Белок характеризуется высоким содержанием суммы незаменимых аминокислот – 63,10–63,98 %, в том числе – гистидина (7,2–7,7 %), лизина (7,7–7,8 %), триптофана (4,6–4,9 %), аргинина (8,4–8,8 %), треонина (более 4,0 %), фенилаланина (3,5 %). Установлено, что по сравнению с традиционными (южными) сортами жир семян сортов сои северного экотипа характеризуется более высоким содержанием пальмитиновой кислоты (11,0–11,3 %) и существенно более низким содержанием олеиновой (10,0–12,0%). В то же время по показателям содержания и соотношения полиненасыщенных жирных кислот (линолевой и линоленовой) он приближается к жиру пищевых сортов. В условиях избыточного увлажнения наблюдалось высокое содержание насыщенной пальмитиновой жирной кислоты, а в засушливых – ненасыщенных жирных кислот – олеиновой, линолевой и линоленовой. Анализ количественной и качественной составляющих белка и жира сортов сои северного экотипа дает основание рекомендовать их использование не только на кормовые, технические, но и на пищевые цели.

**Введение**

Для обеспечения продовольственной безопасности страны, обеспечения населения качественным белком и жиром, получаемыми из сельскохозяйственных растений, и близкими по своему составу к белку и жиру животного происхождения, а также обеспечения кормовой базы животноводства необходимо увеличение валового производства этих ценных сельскохозяйственных культур. Одной из таких культур является соя (*Glycine max* (L.) Merr), в состав белка которой входят незаменимые аминокислоты, близкие по составу к белкам животного происхождения, и которые после термической обработки, разрушающей ингибиторы протеаз, усваиваются на 86–95%, а масло сои превосхо-

дит по качественному составу подсолнечное и оливковое [1].

Физиологическая потребность в белке для взрослого человека в зависимости от пола, возраста и физической активности находится в интервале от 58 до 117 г/сут. [2]. В настоящее время особенно остро стоит проблема белка, так как среднестатистический житель нашей страны недополучает от 20 до 40 % от его необходимой нормы. Расширение использования сои и продуктов ее переработки позволит решить эту проблему не только благодаря непосредственному введению в рацион питания человека, но и благодаря применению соевых кормов в животноводстве.

Благодаря реализации Целевой отрасле-

вой программы «Развитие производства и переработки сои в Российской Федерации на период 2014–2020 гг.», в 2019 г. уборочная площадь под соей в России достигла 2,5 млн. га, а валовой сбор составил 4,3 млн. т [3].

В связи с необходимостью дальнейшего расширения уборочных площадей под соей и повышения валового сбора белка и жира с единицы площади представляет несомненный практический интерес дальнейшее создание и внедрение новых сортов сои северного экотипа – высокотехнологичных, зернового направления, с потенциальной урожайностью 2,5–3,5 т/га, содержанием белка в семенах до 46 % и жира – до 20 % [4].

Пластичность вида, исключительное сортовое разнообразие, создание ультраскороспелых российских сортов сои северного экотипа позволило существенно расширить ареал распространения и возделывания этой культуры [5]. Биохимический состав семян сои зависит от биологических особенностей сорта, погодных условий зоны возделывания, фазы вегетации, агротехнологических приемов. Получение максимально возможного и стабильного по качеству урожая – основная задача соеводства [6].

Соевый белок содержит незаменимые аминокислоты, витамины, пищевые минералы, изофлавоны, фосфолипиды. При этом себестоимость соевого сырья в несколько раз ниже себестоимости животных белков. С посевного гектара можно получить от 300 до 1200 кг чистого полноценного белка. Соевый белок идеально балансирует пищевые и кормовые рационы при регулярном скармливании соевого шрота скоту.

Соевый жир по биологической ценности и качеству соответствует стандарту ФАО/ВОЗ, в его составе преобладают наиболее ценные ненасыщенные жирные кислоты (до 87 %), содержатся токоферолы ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ ), фосфолипиды, лецитин [7]. Жир сои используется в натуральном и переработанном виде в пищевой и медицинской промышленности, а также при изготовлении широкого спектра продуктов непищевого назначения (мыло, краски, пластмасса, биодизель и др.).

В статье приведены результаты многолетних исследований по изучению биохимического состава сортов сои северного экотипа в условиях высоких широт (57° с. ш.), длинного дня, суммы активных температур до 2000 $^{\circ}$ С на дерново-подзолистых почвах Нечерноземной зоны Российской Федерации с учетом сортовых особенностей и условий влагообеспеченности.

Обоснована возможность использования сои на пищевые, кормовые и технические цели. Полученные данные могут быть использованы при оптимизации технологий выращивания сои северного экотипа и выделении сортов с лучшими качественными характеристиками семян.

Цель исследований: сравнительное изучение биохимического состава семян сортов сои северного экотипа в зависимости от сортовых особенностей и метеорологических условий вегетационного периода.

Задачи исследований: 1 – дать оценку биохимического состава сортов сои северного экотипа по содержанию белка и жира, сбору их с гектара, а также аминокислотному составу; 2 – сравнить биохимический состав семян сои северного экотипа с традиционными (южными) и пищевыми сортами; 3 – проанализировать жирно-кислотный состав семян сои в разные по влагообеспеченности годы.

#### **Материалы и методы исследований**

Многолетние полевые опыты (2002 – 2019 гг.) проводились на опытном поле лаборатории растениеводства РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева. Объектами изучения были сорта сои северного экотипа – Светлая, Магева, Окская совместной селекции Института семеноводства и агротехнологий – филиала ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» и РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева. Опыты проведены в соответствии с общепринятыми методиками [8]. Агротехника в опытах общепринятая для зоны выращивания [9, 10].

Биохимический анализ семян сои выполнялся в лаборатории исследований технологических свойств сельскохозяйственных материалов Федерального научного агроинженерного центра ВИМ. Определение аминокислотного состава семян сои проводилось с использованием монохроматорного анализатора NIRS™ DS2500 F (Foss) методом спектроскопии в ближнем ИК-диапазоне (850–2500 нм), жирно-кислотного состава – 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.

#### **Результаты исследований**

Модель сорта сои северного экотипа впервые была разработана профессором РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева Г.С. Посыпановым. Под его руководством в 1980–1995 гг. совместно с учеными Рязанского НИИСХ (ныне – Институт семеноводства и агротехнологий – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ)

Таблица 1

## Продуктивность и качество семян сои сортов северного экотипа

(в среднем за годы исследований)

Сорт	Урожайность, т/га	Содержание белка, % АСВ	Сбор белка с урожаем семян, кг/га	Содержание жира, % АСВ	Сбор жира с урожаем семян, кг/га	Содержание углеводов, % АСВ
Светлая	2,28	41,2	939	19,4	442	30,5
Магева	1,81	40,9	740	19,7	357	30,1
Окская	1,81	40,6	735	19,9	360	30,3
НСР <sub>05</sub>	0,02	-	-	-	-	-

Таблица 2

## Аминокислотный состав семян, %

Аминокислоты	Светлая	Магева	Окская	В среднем
Незаменимые				
Лизин	7,78	7,76	7,82	7,80
Триптофан	4,72	4,64	4,86	4,78
Гистидин	7,66	7,20	7,32	7,48
Аргинин	8,46	8,72	8,74	8,69
Метионин + цистеин	0,94	0,85	0,85	0,87
Треонин	4,33	4,27	4,22	4,30
Валин	10,02	9,78	9,62	9,72
Фенилаланин	3,55	3,58	3,54	3,54
Лейцин	9,71	9,84	9,75	9,79
Изолейцин	6,80	6,54	6,69	6,70
Сумма незаменимых	63,98	63,10	63,44	63,62
Заменимые				
Аспарагиновая	11,90	12,00	11,92	11,96
Глутаминовая	17,72	17,58	17,70	17,65
Серин	3,25	3,32	3,32	3,32
Пролин	6,56	6,58	6,56	6,58
Глицин	7,82	7,57	7,54	7,59
Тирозин	3,18	3,18	3,22	3,24
Сумма заменимых	50,44	50,26	50,29	50,32
Отношение – незаменимые/заменимые	1,27	1,26	1,26	1,26

были созданы и районированы первые сорта сои северного экотипа, устойчиво вызревающие на широте 56° при сумме активных температур 1700–1900°С, относящиеся к группе спелости 000. При благоприятных условиях эти сорта способны сформировать урожай зерна на уровне 3,5–3,9 т/га, сбор высококачественного, сбалансированного по аминокислотам белка до 1,0–1,4 т/га и жира с высоким содержанием ненасыщенных жирных кислот – до 0,4–0,5 т/га [11, 12].

Анализ белковой продуктивности и качества протеина показывает, что сорта сои северного экотипа возможно использовать в качестве продуктов переработки на пищевые цели. Исследования, проведенные в РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, показали, что в частности сорт Магева обладает уникальным свойством – пониженной, по сравнению с традиционными сортами, активностью ингибиторов трипсина [13].

Средняя по опыту урожайность семян изучаемых сортов сои за годы исследований составила 1,81–2,28 т/га; содержание белка в семенах – 40,6–41,2 %, сбор белка с единицы площади – 735–939 кг/га; содержание жира в семенах – 19,4–19,9 %, сбор жира с единицы площади – 357–442 кг/га (табл. 1).

По большинству перечисленных показателей (урожайность – 2,28 т/га, содержание белка – 41,2 %, его сбор с урожаем семян – 939 кг/га) лидировал сорт Светлая, незначительно уступая остальным сортам лишь по содержанию жира (19,4 %), чем подтверждается общая закономерность увеличения белковистости семян при снижении их маслячности [14].

Аминокислотный состав белка представлен в таблице 2. В целом он определяется генотипом сорта и поэтому данный признак маловариабелен.

Содержание жирных кислот в жире семян сортов сои северного экотипа

Сорт, форма	Жирные кислоты, % от общего содержания						Сумма ненасыщенных (А+Б+В)	Сумма полиненасыщенных (Б+В)	Отношение линолевой (Б) к линоленовой (В)
	пальмитиновая	стеариновая	насыщенные	олеиновая (ононенасыщенная (А))	линолевая (Б)	линоленовая (В)			
Светлая	11,43	3,89	15,32	7,43	50,01	8,87	66,31	58,88	5,63
Магева	11,42	3,95	15,37	10,08	50,78	7,57	68,43	58,34	6,72
Окская	11,40	3,89	15,29	11,01	50,28	8,69	69,98	58,97	6,79
В среднем по сортам	11,41	3,91	15,32	9,51	50,36	8,36	69,01	58,72	6,02
По данным Кретовича	6,00	4,00	10,00	22,00	49,00	10,00	81,00	59,00	5,00
Традиционные сорта южного экотипа	-	-	12,80	24,80	-	-	84,60	60,80	7,70
Пищевые сорта	-	-	13,80	20,00	-	-	80,00	60,50	5,50

В целом сорта сои северного экотипа характеризуются высоким содержанием незаменимых аминокислот в семенах, их доля в белковом комплексе составила 63,10–63,98 %, в том числе – гистидина (7,2–7,7 %), лизина (7,7–7,8 %), триптофана (4,6–4,9 %), аргинина (8,4–8,8 %), треонина (более 4,0 %), фенилаланина (3,5 %).

В годы исследований с выраженными периодами засухи во время вегетации была отмечена наибольшая концентрация метионина в семенах. Эта особенность была, по всей вероятности, обусловлена тем фактором, что метионин является источником этилена, который в свою очередь способствовал ускорению созревания.

Учеными ВНИИМК имени В.С. Пустовойта [15] была разработана классификация сортов сои по биохимическим показателям жира (табл. 3). Согласно этой классификации все сорта делятся на две группы: традиционные и пищевые. Пищевые сорта характеризуются повышенным содержанием белка (45,2 %) и пониженным – жира (17,8 %), соотношение полиненасыщенных жирных кислот – линолевой и линоленовой составляет 5,5 [16]. Традиционные сорта содержат меньше белка – 37,9 %, больше жира – 23,2 %, а соотношение линолевой и линоленовой жирных кислот составляет в среднем 7,7.

Установлено, что в среднем по сортам на долю ненасыщенных жирных кислот у сои северного экотипа приходится 69,01 % (табл. 3). По сумме полиненасыщенных жирных кислот (линолевой и линоленовой) сорта распределились в следующем порядке: Окская – 58,97 %;

Светлая – 58,88 %; Магева – 58,34 %; пищевые сорта – 60,50%; традиционные южного экотипа – 60,80%. По соотношению линолевой и линоленовой кислот сорта расположились в следующем порядке: пищевые сорта – 5,50; Светлая – 5,63; Магева – 6,72; Окская – 6,79; традиционные южного экотипа – 7,70.

С позиций потребителя наиболее ценной фракцией растительных жиров являются ненасыщенные жирные кислоты – у сои это олеиновая, линолевая и линоленовая. Наибольшей пищевой и кормовой ценностью обладают незаменимые жирные кислоты, которые не синтезируются в организме животного и человека – линолевая и линоленовая, их относят к витаминам группы F.

Из таблицы 3 видно, что по сумме полиненасыщенных жирных кислот, по соотношению линолевой и линоленовой жирных кислот, жир сои сортов северного экотипа соответствует требованиям, предъявляемым к пищевым сортам. Среди сортов по этому показателю выделяется сорт сои Светлая, у которого этот показатель составляет 5,63, при значении этого показателя у пищевых сортов на уровне 5,50. У Магевы и Окской соотношение несколько выше – 6,72 и 6,79 соответственно.

По содержанию олеиновой мононенасыщенной жирной кислоты (9,51 %) жир сортов сои северного экотипа существенно (более чем в 2,00 раза) уступал южным и пищевым сортам с незначительным варьированием по сортам. На долю насыщенных жирных кислот – пальмити-

Таблица 4

Содержание жирных кислот в масле семян сои сортов северного экотипа в зависимости от влагообеспеченности (\* засушливый год; \*\* влажный год)

% от общего содержания суммы жирных кислот									
пальмитиновая		стеариновая		олеиновая		линолевая		линоленовая	
*	**	*	**	*	**	*	**	*	**
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
В среднем по сортам									
11,02	11,57	3,92	3,86	11,90	9,47	50,87	50,18	9,66	6,96

новую и стеариновую приходилось до 15,32 %, что в 1,5 раза больше среднего значения и приближалось к жиру пищевых сортов (13,80 %).

Таким образом, по содержанию и соотношению наиболее ценных жирных кислот сорта сои северного экотипа приближаются к традиционным сортам южного экотипа и не уступают требованиям, предъявляемым к пищевым сортам.

Существует следующая закономерность – в более северных широтах при невысоких температурах в сое повышается содержание белка, и наоборот, чем южнее выращивается соя и выше среднесуточные температуры, тем больше жира в семенах, а белка становится меньше. Однако, содержание белка и жира в семенах сои в Нечерноземной зоне Российской Федерации может также варьировать и в зависимости от условий вегетационного периода [17].

Так, в условиях средней полосы России каждый второй год характеризуется неблагоприятными для сои погодными условиями, чаще всего растения страдают из-за недостатка влаги. Как правило, период недостаточного увлажнения приходился на бутонизацию, цветение и созревание сои, что приводит к снижению содержания белка в семенах, при этом содержание жира и углеводов возрастает. Однако, из-за уменьшения количества бобов на растении сбор жира с урожаем уменьшается в 2–4 раза [18, 19].

Сравнение биохимического состава жира сои северного экотипа в разные по влагообеспеченности годы показало, что в условиях избыточного увлажнения наблюдалось увеличение (в 1,2–1,8 раз) содержания в жире пальмитиновой кислоты, при недостатке влаги – олеиновой, линолевой и линоленовой, при этом сумма всех

ненасыщенных жирных кислот составила в засушливый год 73 %, при избыточном увлажнении – 67 % (табл. 4). Соотношение линолевой и линоленовой кислот при дефиците влаги складывался с точки зрения пищевого использования более благоприятно по сравнению с условиями избыточного увлажнения [20, 21].

Содержание мононенасыщенной олеиновой кислоты в засушливом году было больше, чем во влажном. В среднем по сортам разница составила 2,75 % или в 1,30 раза. То же можно сказать о полиненасыщенной линолевой и, особенно, линоленовой кислотах. Так, в среднем по сортам содержание линоленовой кислоты в жире в засушливом году было на 2,64 % больше, чем во влажном. По сортам эти различия составили: у Светлой – 2,32 % или в 1,30 раза; у Магева – 3,19 % или в 1,55 раза; у Окской – 2,59 % или в 1,35 раза.

Сумма всех незаменимых жирных кислот в жире сои северного экотипа составила в засушливом году в среднем по четырем изучаемым сортам 73%, а во влажном году – 67 %, или на 6 % ниже. Эта разница у Светлой была 4,37 %, у Магева – 6,78 % и у Окской – 6,29 %. Просматривается сортовая реакция на изменение условий увлажнения и температуры, которая у некоторых сортов (Магева) была выражена сильнее.

Полученные результаты подтверждают закономерность, что в засушливую и солнечную погоду при высокой доле в спектре света ультрафиолетовых лучей усиливается синтез веществ с двойными непредельными углеводородными связями, фенольных соединений и других антиоксидантов. Все это способствует синтезу не только ненасыщенных (непредельных) жирных кислот, но и замедлению их окисления [22, 23, 24].

## Обсуждение

В результате многолетних исследований по изучению биохимического состава сортов сои северного экотипа, проведенных в условиях высоких широт, установлено, что эти сорта характеризуются высоким содержанием белка в семенах – 40,6–41,2 %, в составе которого преобладает водорастворимая фракция, на долю которой приходится до 83 %. Белок сои северного экотипа характеризуется высоким содержанием суммы незаменимых аминокислот – 63,10–63,98 %, в том числе гистидина (7,2–7,7 %), лизина (7,7–7,8 %), триптофана (4,6–4,9 %), аргинина (8,4–8,8 %), треонина (более 4,0 %), фенилаланина (3,5 %).

Содержание жира в семенах сои варьирует в пределах 19,4–19,9 % и зависит от генотипа сорта и условий выращивания. Установлено, что по сравнению с южными сортами, жир семян сортов сои северного экотипа (Светлая, Окская, Магева) характеризуется более высоким содержанием пальмитиновой кислоты (11,0–11,3 %) и существенно более низким содержанием олеиновой (10,0–12,0 %). Однако, по показателям содержания и соотношения полиненасыщенных жирных кислот (линолевой и линоленовой) он приближается к жиру пищевых сортов.

Метеорологические условия вегетационного периода оказывают существенное влияние на жирнокислотный состав семян сои. В условиях избыточного увлажнения наблюдается более высокое содержание насыщенной пальмитиновой жирной кислоты, а в засушливых – ненасыщенных жирных кислот : олеиновой, линолевой и линоленовой.

## Заключение

В семенах сортов сои северного экотипа содержится 40,6–41,2 % белка и 19,4–19,9 % жира, при этом белок характеризуется высоким содержанием незаменимых аминокислот – гистидина (7,2–7,7 %), лизина (7,7–7,8 %), триптофана (4,6–4,9 %), аргинина (8,4–8,8 %), треонина (более 4,0 %), фенилаланина (3,5 %). Содержание ненасыщенных жирных кислот, особенно мононенасыщенных, у сортов сои северного экотипа ниже, чем у традиционных сортов, но в то же время по соотношению линолевой и линоленовой кислот они превосходят традиционные сорта, а сорт Светлая по этому показателю наиболее близок к пищевым сортам. В условиях избыточного увлажнения было отмечено увеличение содержания в семенах насыщенной пальмитиновой жирной кислоты, а в засушливых – ненасыщенных жирных кислот – олеиновой,

линолевой и линоленовой. Анализ количественной и качественной составляющих белка и жира сортов сои северного экотипа дает основание рекомендовать их использование не только на кормовые, технические, но и на пищевые цели.

## Библиографический список

1. Бельштина, М. Е. Проблема производства растительного белка и роль зерновых бобовых культур в ее решении / М. Е. Бельштина // Природообустройство. - 2018. - Выпуск 2. - С. 65–73.
2. Методические рекомендации 2.3.1.24.32-08. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения РФ. – Москва : Издательство стандартов, 2008. - С. 6–7.
3. Целевая отраслевая программа «Развитие производства и переработки сои в Российской Федерации на период 2014–2020 гг.». (Соя России). – Москва : Минсельхоз России, 2014. - 89 с.
4. Кочегура, А. В. Селекция сои на повышение пищевой и кормовой ценности семян / А. В. Кочегура, С. В. Зеленцов // Пути повышения и стабилизации высококачественного зерна. – Краснодар, 2002. - С. 25–32.
5. Соя в России – действительность и возможность / В. М. Лукомец, А. В. Кочегура, В. Ф. Баранов, В. Л. Махонин. – Краснодар : ВНИИ масличных культур им. В.С. Пустовойта Россельхозакадемии, 2013. - 99 с.
6. Головина, Е. В. Влияние погодных условий на продукционный процесс у сортов сои северного экотипа / Е. В. Головина, В. И. Зотиков // Сельскохозяйственная биология. - 2013. - Т. 48, № 6. - С. 112–118.
7. Зайцев, Н. И. Перспективы и направления селекции сои в России в условиях реализации национальной стратегии импортозамещения / Н. И. Зайцев, Н. И. Бочкарев, С. В. Зеленцов // Масличные культуры: Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. - 2016. - Вып. 2 (166). - С. 3–11.
8. Синеговская, В. Т. Методы исследований в полевых опытах с соей / В. Т. Синеговская, Е. Т. Наумченко, Т. П. Кобозева. – Благовещенск : ФГБНУ Всероссийский НИИ сои, 2016. - 116 с.
9. Бельштина, М. Е. Соя в Центральном Нечерноземье : монография / М. Е. Бельштина. – Москва : Издательство РГАУ-МСХА, 2012. – 128 с. – ISBN 978-5-9675-0725-0.
10. Возделывание сортов сои северного эко-

типа в Нечерноземной зоне Российской Федерации : методическое пособие / Т. П. Кобозева, В. Т. Синеговская, У. А. Делаев, В. А. Шевченко, Л. А. Буханова, Н. В. Заренкова, Н. П. Попова, В. А. Евлеева. – Москва : ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова, 2015. – 48 с.

11. Делаев, У. А. Возделывание скороспелых сортов сои / У. А. Делаев, Т. П. Кобозева, В. Т. Синеговская. – Москва : ВГБОУ ВПО МГАУ, 2012. – 216 с.

12. Попова, Н. П. Особенности белкового комплекса семян сои северного экотипа / Н. П. Попова, М. Е. Бельшкينا, Т. П. Кобозева // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2018. – Выпуск 1. – С. 104–108.

13. Гуреева, Е. В. Соя – источник растительного белка / Е. В. Гуреева, Т. А. Фомина // Аграрная наука. – 2017. – № 11–12. – С. 20–21.

14. Кретович, В. Л. Биохимия растений / В. Л. Кретович. – Москва : Высшая школа, 1980. – 445 с.

15. Петибская, В. С. Биохимические особенности пищевых сортов сои / В. С. Петибская // Итоги исследований по сое за годы реформирования и направления НИР на 2005–2010 гг. – Краснодар : ГНУ ВНИИМК им. В.С. Пустовойта, 2004. – С. 94–102.

16. Fehr, W. R. Soybeans having low linolenic acid content and method of production / W. R. Fehr, E. G. Hammond // Biotechnology Advances. – 1997. – Vol. 15, № 1. – P. 275–276.

17. Литвиненко, О. В. Исследование особенностей аминокислотного и жирнокислотного состава семян сои Амурской селекции / О. В. Литвиненко, О. В. Скрипко, О. В. Покотило // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2017. – № 6. – С. 29–32.

18. Soybean seed composition and quality:

interactions of environment, genotype, and management practices / N. Bellaloui, A. M. Gillen, H. K. Abbas, K. N. Reddy, H. A. Bruns, D. K. Fisher, R. M. Zablutowicz, A. Mengistu, L. H. S. Zobiolo, R. J. Kremer // Soybeans: Cultivation, Uses and Nutrition. – 2011. – P. 1–42.

19. Nutrient partitioning and stoichiometry in soybean: a synthesis-analysis / S. Tamagno, G. R. Balboa, Y. Assefa, I. A. Ciampitti, P. Kovács, S. N. Casteel, F. Salvagiotti, F. O. García, W. M. Stewart // Field Crops Research. – 2017. – Vol. 200. – P. 18–27.

20. Fehr, W. R. Methods for evaluating protein and oil in soybeans and mass selection by seed size and specific gravity in soybean populations / W. R. Fehr. – Iowa State University, 1968. – 1 p.

21. Drought or/and heat-stress effects on seed filling in food crops: impacts on functional biochemistry, seed yields, and nutritional quality / A. Sehgal, K. Sita, H. Nayyar, K. H. M. Siddique, R. Kumar, S. Bhogireddy, R. K. Varshney, B. HanumanthaRao, R. M. Nair, P. V. V. Prasad // Frontiers in Plant Science. – 2018. – Vol. 871. – P. 1705.

22. Growth and developmental responses of crop plants under drought stress: a review / S. A. Anjum, A. Zohaib, I. Ali, T. Tabassum, U. Nazir, U. Ashraf, M. Tanveer, M. Naeem // Zemdirbyste. – 2017. – Vol. 104, № 3. – P. 267–276.

23. Martin, N. F. Relationship between secondary variables and soybean oil and protein concentration / N. F. Martin, A. G. Bollero, D. G. Bullock // Transactions of the ASABE. – 2007. – Vol. 50, № 4. – P. 1271–1278.

24. Scott, R. A. Selection for yield, protein, and oil in soybean crosses between adapted and introduced parents / R. A. Scott, K. D. Kephart // Field Crops Research. – 1997. – Vol. 49, № 2–3. – P. 177–185.

## BIOCHEMICAL COMPOSITION OF SEEDS OF EARLY-MATURING SOYBEAN VARIETIES AND ITS VARIABILITY DEPENDING ON THE VARIETAL CHARACTERISTICS AND METEOROLOGICAL CONDITIONS OF VEGETATION PERIOD

*Belyshkina M.E.*

**FSBSI «Federal agroengineering research centre VIM»  
109428, Moscow, 1st Institutsky driveway, 5; tel.: (903) 271-31-05;  
e-mail: vimsoya@yandex.ru**

*Key words: soy, Northern ecotype, seed biochemical composition, protein, amino acids, fat, fatty acids, protein and fat collection.*

*Soy is one of the most valuable agricultural crops, the protein composition of which includes essential amino acids, similar in composition to animal proteins, and fat in its composition predominates sunflower and olive. Comparative study of biochemical composition of soybean seeds of the Northern ecotype depending on varietal characteristics and meteorological conditions of the growing season. Perennial field experiments (2002-2019) were carried out on the experimental field of the plant growing laboratory of RSAU–MSHA named after K. A. Timiryazev. The objects of study were soybean varieties of the Northern ecotype – Svitlaya, Mageva, and Okskaya. Biochemical analysis of seeds was performed in the laboratory of research of technological properties of agricultural materials FSBSI FSAC VIM. The seeds of Northern ecotype soybean varieties contain 40.6-41.2 % protein and 19.4-19.9 % fat. Protein is characterized by a high content of sum of essential amino acids (63.10-63.98 %), including – histidine (7.2–7.7 %), lysine (7.7–7.8 %), tryptophan (by 4.6–4.9 %), arginine (8.4–8.8%), threonine (more than 4.0 %), phenylalanine (to 3.5 %). It was established that in comparison with traditional (southern) varieties, the seed fat of soybean varieties of the Northern ecotype is characterized by a higher content of palmitic acid (11.0–11.3 %) and significantly lower content of oleic acid (10.0–12.0 %). At the same time, according to the content and ratio of polyunsaturated fatty acids (linoleic and linolenic), it is close to the fat of food grades. Under conditions*

of excessive moisture, a high content of saturated palmitic fatty acid was observed, and in arid conditions – unsaturated fatty acids – oleic, linoleic and linolenic. Analysis of the quantitative and qualitative components of protein and fat of soybean varieties of Northern ecotype gives grounds to recommend their use not only for feed, technical, but also for food purposes.

#### Bibliography

1. Belyshkina, M. E. The problem of plant protein production and the role of grain legumes in its solution / M. E. Belyshkina // *Environmental engineering*. - 2018. - Edition 2. - P. 65–73.
2. Methodological recommendations 2.3.1.24.32-08. Norms of physiological needs in energy and food substances for various groups of the Russian population. - Moscow: Publishing house of standards, 2008. - P. 6–7.
3. Target industry program "Development of soybean production and processing in the Russian Federation for the period 2014–2020". (Soybean of Russia). - Moscow: Ministry of Agriculture of Russia, 2014. - 89 p.
4. Kochegura, A. V. Soybean breeding to increase the nutritional and feed value of seeds / A. V. Kochegura, S. V. Zelentsov // *Ways to increase and stabilize high-quality grain*. - Krasnodar, 2002. - P. 25–32.
5. Soy in Russia-reality and opportunity / V. M. Lukomets, A. V. Kochegura, V. F. Baranov, V. L. Makhonin. - Krasnodar: ASRI of oil cultures named after V.S. Pustovoyta Russian agricultural academy, 2013. - 99 p.
6. Golovina, E. V. Influence of weather conditions on the production process in soybean varieties of the Northern ecotype / E. V. Golovina, V. I. Zotikov // *Agricultural biology*. - 2013. - V. 48, № 6. - P. 112–118.
7. Zaytsev, N. I. Perspectives and directions of soybean breeding in Russia in the context of the realization of the national import substitution strategy / N. I. Zaytsev, N. I. Bochkarev, S. V. Zelentsov // *Oil cultures: Scientific and technical bulletin of the All-Russian research institute of oilseeds*. - 2016. - Pub. 2 (166). - P. 3–11.
8. Sinegovskaya, V. T. Research methods in field experiments with soy / V. T. Sinegovskaya, E. T. Naumchenko, T. P. Kobozev. - Blagoveshensk: FSBSI All-Russia RI of soya, 2016. - 116 p.
9. Belyshkina, M. E. Soy in the Central non-chernozem region: monograph / M. E. Belyshkina. - Moscow: Publishing house RSAU-MAA, 2012. - 128 p. - USBN 978-5-9675-0725-0.
10. Cultivation of soybean varieties of the Northern ecotype in the non-Chernozem zone of the Russian Federation: handbook / T. P. Kobozeva, V. T. Sinegovskaya, U. A. Delaev, V. A. Shevchenko, L. A. Bukhanova, N. V. Zarenkova, N. P. Popova, V. A. Evleeva. - Moscow: ARIHM named after A.N. Kostyakov, 2015. - 48 p.
11. Delaev, U. A. Cultivation of early ripening soybean varieties / U. A. Delaev, T. P. Kobozeva, V. T. Sinegovskaya. - Moscow: FSBEI HVE MSAU, 2012. - 216 p.
12. Popova, N. P. Features of protein complex of soybean seeds of the Northern ecotype / N. P. Popova, M. E. Belyshkina, T. P. Kobozeva // *Izvestiya of Timiryazev agricultural academy*. - 2018. - Edition 1. - P. 104–108.
13. Gureeva, E. V. Soy is a source of vegetable protein / E. V. Gureeva, T. A. Fomina // *Agrarian science*. - 2017. - № 11–12. - P. 20–21.
14. Kretovich, V. L. Plant biochemistry / V. L. Kretovich. - Moscow: Higher school, 1980. - 445 p.
15. Pitebskaya, V. S. Biochemical features of soy food varieties / V. S. Pitebskaya // *Results of research on soy during the years of reform and research directions for 2005-2010* - Krasnodar: SSI ARRIOC named after V.S. Pustovoytov, 2004. - P. 94–102.
16. Fehr, W. R. Soybeans having low linolenic acid content and method of production / W. R. Fehr, E. G. Hammond // *Biotechnology Advances*. - 1997. - Vol. 15, № 1. - P. 275–276.
17. Litvinenko, O. V. Research of features of amino acid and fatty acid composition of soybean seeds of Amur selection / O. V. Litvinenko, O. V. Skripko, O. V. Pokotilo // *Storage and processing of agricultural raw materials*. - 2017. - № 6. - P. 29–32.
18. Soybean seed composition and quality: interactions of environment, genotype, and management practices / N. Bellaloui, A. M. Gillen, H. K. Abbas, K. N. Reddy, H. A. Bruns, D. K. Fisher, R. M. Zablutowicz, A. Mengistu, L. H. S. Zobiolo, R. J. Kremer // *Soybeans: Cultivation, Uses and Nutrition*. - 2011. - P. 1–42.
19. Nutrient partitioning and stoichiometry in soybean: a synthesis-analysis / S. Tamagno, G. R. Balboa, Y. Assefa, I. A. Ciampitti, P. Kovács, S. N. Casteel, F. Salvagiotti, F. O. Garcia, W. M. Stewart // *Field Crops Research*. - 2017. - Vol. 200. - P. 18–27.
20. Fehr, W. R. Methods for evaluating protein and oil in soybeans and mass selection by seed size and specific gravity in soybean populations / W. R. Fehr. - Iowa State University, 1968. - 1 p.
21. Drought or/and heat-stress effects on seed filling in food crops: impacts on functional biochemistry, seed yields, and nutritional quality / A. Sehgal, K. Sita, H. Nayyar, K. H. M. Siddique, R. Kumar, S. Bhogireddy, R. K. Varshney, B. HanumanthaRao, R. M. Nair, P. V. V. Prasad // *Frontiers in Plant Science*. - 2018. - Vol. 871. - P. 1705.
22. Growth and developmental responses of crop plants under drought stress: a review / S. A. Anjum, A. Zohaib, I. Ali, T. Tabassum, U. Nazir, U. Ashraf, M. Tanveer, M. Naeem // *Zemdirbyste*. - 2017. - Vol. 104, № 3. - P. 267–276.
23. Martin, N. F. Relationship between secondary variables and soybean oil and protein concentration / N. F. Martin, A. G. Bollero, D. G. Bullock // *Transactions of the ASABE*. - 2007. - Vol. 50, № 4. - P. 1271–1278.
24. Scott, R. A. Selection for yield, protein, and oil in soybean crosses between adapted and introduced parents / R. A. Scott, K. D. Kephart // *Field Crops Research*. - 1997. - Vol. 49, № 2–3. - P. 177–185.