

УДК 633.853

ПРИЧИНЫ ПИГМЕНТАЦИИ СЕМЯН СОИ В САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ

© 2023 А.И. Катюк, К.А. Булатова

Самарский федеральный исследовательский центр РАН,
Самарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. Н.М. Тулайкова,
Безенчук, Россия

Статья поступила в редакцию 10.12.2022

Изучение пигментации сои проводили на опытном поле Самарского НИИСХ в 2013 - 2022 гг. Пигментацию сортов и степень пигментации семян изучали на 36 сортах коллекции ВИР и 2-х сорта собственной селекции. Все сорта различались по продолжительности вегетации и экологическим происхождением. Многолетнее изучение показало, что степень пигментации семян и количество сортов подверженных пигментации не связаны между собой и изменяются в зависимости от условий года. Пигментация семян не влияет на семенную продуктивность и качество семян, а лишь ухудшает товарную привлекательность. Установлена основная причина пигментации семян в условиях Самарской области, которая связана с похолоданием в период генеративного и репродуктивного развития сои.

Ключевые слова: соя, пигментация, сорт, продуктивность, белок, коллекция, среднесуточная температура.

DOI: 10.37313/2782-6562-2023-2-1-29-36

EDN: UQIXER

ВВЕДЕНИЕ

Соя является одной из пяти сельскохозяйственных культур, доминирующих в глобальном сельском хозяйстве, наряду с кукурузой, пшеницей, хлопком и рисом [1, 2]. В России соя является востребованной масличной культурой. По данным Росстата валовый сбор зерна сои за последние три года (2019 - 2021) составил 3435 тыс. т/га, что на 645 тыс. т. или 23 % больше предыдущих трех лет (2016 - 2018 гг.) и в одиннадцать раз больше начала двухтысячных годов. Посевные площади под соей в стране за десять лет увеличились с 400 тыс. га до 3,0 млн. га.

За счет своего разнообразного использования соя является экономически выгодной культурой, она обеспечивает людей и домашний скот белком, маслом, шротом, и другими ценными ингредиентами. Сбалансированность аминокислотного состава соевого белка делает культуру лучшим источником белка, чем большинство других растительных источников [3]. В семенах сои содержится множество фитонутриентов таких как сапонины, витамин Е, изофлавоны, фитоэстрогены, которые полезны для здоровья человека [4].

Возможно, целью отбора в истории одомашнивания сои являлось качество семян, как основного органа, депонирующего масло, белок и другие питательные вещества, а цвет семенной

оболочки одним из признаков одомашнивания, поскольку он меняется от черного у дикой сои до коричневого или желтого цвета у культурной [4].

На семенах в эпидермальном слое желтозерных сортов сои часто наблюдается появление неправильных пятен и полос черного или коричневого цвета. Пятна и полосы на оболочке семени имеют разный размер и интенсивность окраски (рис.).

подавляющее большинство семян двухцветные, но иногда, единично попадаются полностью черные или коричневые. Подмечено, что у сортов с коричневым или светлым рубчиком семени пигментация коричневая, а у сортов с черным рубчиком – черная. За окрашивание оболочки семени в черный или коричневый цвет отвечают антоцианы [5, 6]. Антоцианы, водорастворимые пигменты, присутствующие в растениях, как известно, являются мощными антиоксидантами, которые помогают защитить растения от различных стрессов (холод, ультрафиолет, болезни и др.) и привлечь опылителей или распространителей семян [7].

В мировой торговле соей допускается лишь незначительная примесь цветных семян, предпочтительными из-за лучшего внешнего вида являются желтозерные сорта. Поскольку пигментация ухудшает товарный вид семян и снижает их коммерческую привлекательность, это явление весьма нежелательное и давно привлекало внимание исследователей. Еще в тридцатые годы прошлого столетия научным сотрудником зональной сельскохозяйственной Безенчукской опытной станции (ныне Самарский НИИСХ – филиал СамНЦ РАН) Д. Буйли-

Катюк Анатолий Иванович, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории зернобобовых культур. E-mail: samniich@mail.ru

Булатова Ксения Александровна, научный сотрудник лаборатории зернобобовых культур.



Рис. Пигментные пятна на семенах сои

ным изучался вопрос пигментации семян сои. Однако утвердительного ответа на поставленный вопрос автор не нашел. Им было высказано предположение, что пятна на семенах вызывают: пигмент, находящийся в скрытом состоянии; определенные условия среды (условия почвенного питания в конце периода вегетации культуры, условия агротехники), ослабляющие действие генов блокирующих пигментацию семян; в редких случаях естественное переопыление или мутации [8].

В настоящее время в условиях Самарской области пигментация семян часто проявляется на коммерческих сортах, поэтому выяснение причин этого явления и его связь с другими компонентами семени (содержание белка), является необходимым условием для решения этого вопроса. Это позволит совершенствовать агротехнику и семеноведение культуры, а также внести коррективы в практику селекции сои.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Опыт закладывался на опытном поле Самарского НИИСХ - филиала СамНЦ РАН в 2013 - 2022 гг. Почвы опытного участка чернозем обыкновенный, среднесуглинистый. Почвенная среда ближе к нейтральной (рН солевой вытяжки 6,0). Содержание макроэлементов в почве следующее: N = 51-93 мг/кг (по Кьельдалю), P₂O = 260-300 мг/кг (по Чирикову), K₂O = 211-260 мг/кг (по Масловой).

Пигментацию семян изучали на 37 сортах питомника коллекции, из которых 36 получены из ВИР, а один собственной селекции (сорт Са-

мер 1). Сорта различались экологическим происхождением (Западно-Европейские, Российские) и продолжительностью вегетации (очень короткая, короткая, средняя). Кроме того эти сорта являются источника и донорами хозяйственных признаков поэтому часто используются нами для создания нового селекционного материала. Для изучения влияния пигментации семян на семенную продуктивность и качество был взят распространенный в производстве Самарской области сорт Самер 2.

Агротехника в опыте обычная принятая для сои в Самарской области. Предшественник - пар. Питомник коллекции высевали сеялкой СН 10Ц сплошным рядовым способом с нормой высева семян 80 шт./м². Площадь делянки 3,6 м², повторность - однократная. Учеты и наблюдения в опыте проводили по общепринятым методикам. Статистическую обработку данных проводили по Б.А. Доспехову (М.: Агропромиздат, 1985).

Погодные условия для роста и развития сои за годы наблюдений по гидротермическому коэффициенту характеризовались следующим образом: увлажненные (ГТК = 0,9) - 2013, 2022; засушливые (ГТК = 0,7) - 2014, 2017 гг.; сухие (ГТК = 0,6 - 0,5) - 2015, 2016, 2018 гг.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Пигментация семян сортов питомника коллекции наблюдалась во все годы испытаний (2013 - 2022). Но количество сортов с наличием пигмента на семенах и степень пигментации семян у них по годам были разными (табл. 1).

Таблица 1. Пигментация коллекционных сортов сои

Показатели	Годы						
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2022
Кол-во сортов с пигментом, шт.	32	28	32	22	33	5	23
Кол-во сортов с пигментом, %	86	76	86	59	92	14	62
Кол-во сортов с высокой (> 40 %) степенью пигментации семян, шт.	20	13	14	0	9	0	12

Таблица 2. Степень пигментации семян и даты периодов вегетации

Год	Степень пигментации, %	Дата периода «цветение - образование завязи»	Дата похолодания	Среднесуточная температура воздуха в период похолодания, °С	Дата периода «образование завязи - налив бобов»	Дата похолодания	Среднесуточная температура воздуха в период похолодания, °С
2013	55,3	14.07-23.07	23.07-1.08	19,1	24.07-19.08	-	-
2014	49,2	26.06-9.07	26.06-1.07	17,1	10.07-1.08	19.07-29.07	17,8
2015	40,3	5.07-23.07	13.07-26.07	19,2	24.07-12.08	2.08-8.08	18,7
2016	8,6	2.07-17.07	26.06-1.07	18,6	18.07-7.08	-	-
2017	36,1	16.07-1.08	20.07-26.07	19,7	2.08-22.08	13.08-22.08	18,7
2018	1,6	12.07-30.07	-	-	31.07-17.08	-	-
2022	23,0	4.07-20.07	28.06-6.07	17,1	21.07-10.08	-	-
Средняя степень пигментации 30,6 %, Доверительный интервал ±8,7 %							

За годы наблюдений больше всего сортов было подвержено пигментации семян в 2017 г. Так, из 37 у 33 (или 92 %) сортов была обнаружена пигментация семян. В 2013 и 2015 гг. также было много сортов с пигментом семян - 32 шт. или 86 %. Чуть меньше сортов с пигментом семян по сравнению с выше перечисленными годами наблюдалось в 2014 г. - 28 шт. или 76 %, в 2022 г. - 23 или 62 % и в 2016 г. - 22 или 59 %. Минимальное количество сортов с пигментацией семян было отмечено в 2018 году. Из 37 изучаемых сортов, только у 5 или 14 % была обнаружена пигментация семян.

Пигментация сортов не отражает негативного влияния на товарный вид семян. Точной оценкой здесь будет степень пигментации семян, которая определяется как отношение количества семян с пигментом к общему количеству анализируемых семян выраженное в процентах.

Чем меньше количество семян с пигментом и чем меньше размер пятен на оболочке семени, тем больше выход семенного или товарного зерна при фотосепарации. Например, как уже выше отмечалось, больше всего пигментированных сортов было в 2017 г., однако высокую степень пигментации (более 40 %) имело 9 из 37 сортов, а у 3-х сортов пигментация семян отсутствовала. В 2013 и 2015 гг. количество сортов с пигментом семян было одинаковым - 23 шт., однако, в 2013 г. 20 сортов имело степень пигментации семян больше 40 %, а в 2015 г. всего 14 %. Отсутствовала пигментация семян в эти годы у 5 сортов. В 2022 г. общее количество сортов с пигментацией семян было на 5 меньше чем в 2014 г. (23 сорта против 28), однако количество сортов с пигментом семян более 40 % было практически одинаковы 12 и 13 шт., соответственно. Отсутствовала пигментация семян в 2022 г. у 14 сортов, а в 2014 г. у 9 сортов. То же самое можно сказать и по результатам 2016 и 2018 гг. где было 22 и 9 сортов, соответственно подверженных пигментации, однако степень пигментации семян у них была ниже 50 %. Отсутствовала пигментация семян в 2016 г. у 15 сортов, а в 2018 г. у 32 сортов.

За годы наблюдений степень пигментации семян в среднем составила 30,6 % с вариациями по годам от 55,3 до 1,6 % (табл. 2). Высокая степень пигментации семян была в 2013 г. (55,3 %) и в 2014 г. (49,2 %). Средняя степень пигментации семян была в 2015 (40,3 %), 2017 (36,1 %) и 2022 гг. (23,0 %). Низкая пигментация семян была в 2016 г. (8,6 %) и в 2018 г. (1,6 %).

Таким образом, степень пигментации семян и количество сортов подверженных пигментации не связаны между собой и меняются в зависимости от условий года.

Поскольку пигментация семян отмечалась практически во все годы у большинства сортов с той или иной степенью проявления, важно понять передается она с семенами следующему поколению и оказывает ли она влияние на семенную продуктивность и качество семян. Для этого был заложен специальный опыт с коммерческим сортом Самер 2.

Анализ пигментации семян сорта Самер 2 в 2014 г. показал отсутствие гомозиготности по рассматриваемому признаку. Были выявлены растения, как с пигментом семян, так и без него в обоих вариантах посева. Причем растений без пигмента семян у сорта было больше (табл. 3).

Так, в варианте с посевом пигментированными семенами 47 растений были с семенами без пигмента, а 8 растений были с полностью или частично пигментированными семенами. При посеве сорта свободными от пигмента семенами получилось 33 растения без пигмента семян, а 16 растений с пигментом семян. Степень пигментации семян у сорта Самер 2 при посеве семенами свободными от пигмента была в два раза выше (16 %), чем в противоположном варианте (8 %). Данный опыт был повторен в 2015 и 2016 гг. В результате анализа семян пигментаций в обоих вариантах не выявлено.

Масса семян с растения сорта Самер 2 как при раннем сроке сева, так и при оптимальном сроке сева пигментированными семенами была ниже на 0,1 и 1,6 г. массы семян при посеве свободными от пигмента семенами. Однако эти различия были недостоверны (табл. 4).

Таблица 3. Пигментация сорта Самер 2

Сорт	Вариант посева семян	Количество растений				
		Всего, шт.	Без пигмента семян		С пигментом семян	
			шт.	%	шт.	%
Самер 2	С пигментом	55	47	85	8	15
	Без пигмента	49	33	67	16	33

Таблица 4. Масса семян с растения сорта Самер 2, 2015 г.

Вариант посева семян	Срок сева	
	ранний	оптимальный
С пигментом	5,8	2,1
Без пигмента	5,9	3,7
нсп	Fф <Fт	Fф <Fт

Содержание белка в семенах у сорта Самер 2 за все годы наблюдений при посеве пигментированными семенами достоверно не отличалось от такового при посеве свободными от пигмента семенами (табл. 5.).

При посеве пигментированными семенами содержание белка в семенах по годам изменялось от 33,6 % до 36,9 %, при посеве свободными от пигмента семенами - от 33,6 % до 38,6 %.

Таким образом, пигментация семян не оказывала существенного влияния на семенную продуктивность и качество семян, а лишь ухудшала товарную привлекательность.

ОБСУЖДЕНИЕ

Известно несколько причин пигментации оболочки семени сои: абиотическая, биотическая и генетическая.

Генетическая пигментация семян.

У сои пигментация семенной оболочки в основном контролируется тремя независимыми генетическими локусами (R, T и I). Локусы R и T отвечают за черный (R, T), коричневый (r,

T), несовершенный черный (R, t) и бурый (r, t) цвет семенной оболочки. Антоцианы и проантоцианидины присутствуют в черной и несовершенной черной оболочках семян, тогда как в коричневой и желтовато-бурой оболочках обнаружены только проантоцианидины [10]. Локус I контролирует распределение антоцианов и проантоцианидинов в эпидермальном слое семенной оболочки. Аллель II подавляет пигментацию рубчика и всей семенной оболочки, в то время как аллель ii допускает пигментацию этих областей [11]. Преобладающий желтый цвет семенной оболочки является результатом подавления генов *халкон-синтазы* с помощью РНК-интерференции из-за присутствия аллелей предотвращающих синтез пигмента I и ii [12].

У сорта Самер 2 семенная оболочка желтая, а рубчик семени окрашен в черный, реже в коричневый цвет. Окраска рубчика семени у сорта находится под контролем генов ii. На биохимическом уровне аллели генов окраски оболочки семян кодируют синтез на порядок меньшего количества антоциана. Поэтому его хватает только на окраску венчика цветка и рубчика, а

Таблица 5. Содержание белка в семенах сорта Самер 2

Год	Вариант посева семян	Содержание белка, %
2013	С пигментом	36,9
	Без пигмента	36,3
2014	С пигментом	35,3
	Без пигмента	38,6
2016	С пигментом	33,6
	Без пигмента	33,6
		Fф <Fт

оболочка остается желтой. При стрессовых условиях окружающей среды вырабатывается большое количество антоциана, избыток которого накапливается в оболочке семени [11]. Поэтому в стадии полного налива бобов на семенах можно видеть ярко-красные пятна, распространяющиеся от рубчика в разные стороны по бокам семени. При созревании семян пятна приобретают черный цвет.

Биотическая

Ряд исследователей связывают пигментацию желтозерной сои с вирусной инфекцией вызванной вирусом мозаики сои [13, 14]. Вирус мозаики сои (ВМС) является представителем рода Potyvirus, семейства Potyviridae. Он может распространяться при механической инокуляции растений тлей и передаваться следующему поколению через семена [15]. Основными симптомами вируса являются мозаика, деформация и некроз жилок листа. ВМС может подавлять действие генов препятствующих образованию антоцианов и проантоцианидинов и тем самым вызывать пятнистость семенной оболочки.

Тщательный мониторинг энтомофауны коллекционного питомника сои на всем протяжении ее вегетации не подтвердил связи пигментации семян с вирусной инфекцией. За годы изучения коллекции мы не выявили ни одного сортообразца или хотя бы больного растения с симптомами вируса, а вот тлю наблюдали, причем исключительно крылатых особей. Посевы после обнаружения насекомых опрыскивали инсектицидом Би-58.

Если в нашем случае предположить, что причиной пигментации семян является ВМС, который находится внутри семян, то неизбежно он проявится на следующем поколении растений. Однако, при посеве пигментированными семенами мы не выявили больных, отстающих в росте растений с симптомами вируса. Их продуктивность и качество семян были на уровне продуктивности и качества семян растений выросших из семян свободных от пигмента. Следовательно, вирусная причина пигментации семян снимается.

Абиотическая.

Ряд исследователей связывают пигментацию семян сои с холодовым стрессом. Похолодание во время цветения, плодообразования или налива семян сои приводит к образованию пигментных пятен на оболочках семян. [16, 17]. Выработка антоцианов во время длительных похолоданий вызывает потемнение окраски растения и тем самым позволяет сои компенсировать недостаток тепла за счет большего поглощения солнечной радиации.

Известно, что оптимальная для периода цветения сои считается температура воздуха 22 - 25°C., а для образования завязи и начала налива семян 21 - 23°C. По мнению Githiri SM, Yang D и

др. пигментные пятна на семенах появляются при длительном похолодании, примерно при 15°C [16].

В нашем опыте было замечено, что степень пигментации семян была высокой в годы, когда в период генеративного или репродуктивного развития сои наблюдались длительные похолодания и наоборот - низкой, когда температурный режим был оптимальным для указанных периодов (табл. 2). Например, при сильной степени пигментации семян в 2013 г. похолодание наблюдалось в период «цветение - образование завязи» и длилось 10 дней при среднесуточной температуре воздуха 19,1°C. В 2014 г. похолодание при среднесуточной температуре воздуха 17,1°C. наблюдалось в период «цветение-образование завязи» и длилось 6 дней, а затем повторилось в период «образование завязи - налив бобов» с продолжительностью 11 дней при среднесуточной температуре воздуха 17,8°C. Напротив, при слабой степени пигментации семян в 2016 г. среднесуточная температура воздуха в период «цветение - образование завязи» составила 18,6°C, но продолжительность похолодания была 6 дней. В 2018 г. среднесуточная температура воздуха в периоды генеративного и репродуктивного развития сои в среднем не опускалась ниже оптимальных значений для этих периодов, но в отдельные дни она была ниже оптимумов (22, 23, 26 и 30 июля среднесуточная температуры воздуха была на уровне 16,6 - 19,6°C., а 9, 10, 12 и 15 августа среднесуточная температура воздуха была на уровне 12,6 - 18,7°C.). Поэтому в 2018 г. все же наблюдалась пигментация семян, но она была очень слабой.

Нами установлена высокая отрицательная достоверная корреляция ($-0,761 \pm 0,290$) степени пигментации семян с среднесуточной температурой воздуха за период «цветение - образование завязи», средняя отрицательная но недостоверная корреляция ($0,666 \pm 0,333$) степени пигментации семян с периодом «образование завязи - налив бобов» и средняя положительная корреляция ($0,731 \pm 0,305$) степени пигментации семян с продолжительностью похолодания.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Многолетнее изучение особенности пигментации сортов сои и степени пигментации их семян в условиях Самарской области позволили определить причины ее возникновения. Длительное похолодание в периоды генеративного и репродуктивного развития культуры увеличивало пигментацию сортов и степень пигментации семян в среднем на 68 % и 30,6 %, соответственно. При этом пигментация семян не влияла на продуктивность и качество сортов, а лишь являлась механизмом защиты от стрессовых условий среды. снижала товарную привлекательность семян.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Kathleen Karges Sonoko D. Bellingrath-Kimura Christine A. Watson Frederick L. Stoddard Mosab Halwani Moritz Reckling.* Agro-economic prospects for expanding soybean production beyond its current northerly limit in Europe. *European Journal of Agronomy.* 2022. P. 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2021.126415>
2. *Jan´czak-Pienia, z`ek, M., Buczek, J., Bobrecka-Jamro, D., Szpunar-Krok, E., Tobiasz-Salach, R., Jarecki, W.* Morphophysiology, Productivity and Quality of Soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) cv. Merlin in Response to Row Spacing and Seeding Systems. *Agronomy* 2021. 11. P. 1-18. <https://doi.org/10.3390/agronomy11020403>.
3. *Malle S, Morrison M, Belzile F.* Identification of loci controlling mineral element concentration in soybean seeds. *BMC Plant Biology.* 2020. 20. P. 1-14. <https://doi.org/10.1186/s12870-020-02631-w>.
4. *Gao R, Han T, Xun H, Zeng X, Li P, Li Y, Wang Y, Shao Y, Cheng X, Feng X, Zhao J, Wang L, Gao X.* MYB transcription factors GmMYBA2 and GmMYBR function in a feedback loop to control pigmentation of seed coat in soybean. *Journal of Experimental Botany.* 2021. Vol.72, No.12 pp. 4401–4418, doi:10.1093/jxb/erab152.
5. *Yang K, Jeong N, Moon JK, Lee YH, Lee SH, Kim HM, Hwang CH, Back K, Palmer RG, Jeong SC.* Genetic analysis of genes controlling natural variation of seed coat and flower colors in soybean. *Journal of Heredity.* 2010. 101(6). pp. 757–768. doi: 10.1093/jhered/esq078.
6. *Song J, Guo Y, Yu LJ, Qiu LJ.* Progress in genes related to seed-coat color in soybean. *Yi Chuan.* 2012. 34(6). pp. 687-694. doi: 10.3724/sp.j.1005.2012.00687.
7. *Tsoyi K, Park HB, Kim YM, Chung JI, Shin SC, Shim HJ, Lee WS, Seo HG, Lee JH, Chang KC, Kim HJ.* Protective effect of anthocyanins from black soybean seed coats on UVB-induced apoptotic cell death in vitro and in vivo. *J Agric Food Chem.* 2008. Vol. 56(22). pp. 10600-10605. doi: 10.1021/jf802112c.
8. *Буйлин, Д.* О пятнистости соевых бобов / Д. Буйлин // Семеноводство – №11/12. – 1931, М.: Сельколхозгиз. – С. 51-55.
9. *Доспехов, Б.А.* Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. – 5-е изд., доп. и перераб. – М.: АГРО Промиздат, 1985. – 351 с.
10. *Yamaguchi N, Suzuki C, Yamashita Y, Senda M.* A pubescence color gene enhances tolerance to cold-induced seed cracking in yellow soybean. *Breed Sci.* 2021 vol. 71(4). pp.467-473. doi: 10.1270/jsbbs.21035.
11. *Masayasu Saruta, Hirotaka Ashina, Takuro Matsumoto, Harumitsu Okubo, Miho Hiraoka, Atsushi Kasai, Shizen Ohnishi, Hideyuki Funatsuki, Michio Kawasaki, Teruo Sano and Mineo Senda.* A major gene for tolerance to cold-induced seed coat discoloration relieves viral seed mottling in soybean. *Breeding Science* 2020. Vol. 70 No. 4. pp. 449–455 doi: 10.1270/jsbbs.19162
12. *Mach J.* Saddle Up, Soybean Seed Pigments: Argonaute5 in Spatially Regulated Silencing of Chalcone Synthase Genes. *Plant Cell.* 2017 vol. 29(4). pp. 604. doi: 10.1105/tpc.17.00291.
13. *Song, S., Wang, J., Yang, X., Zhang, X., Xin, X., Liu, C., Zou, J., Cheng, X., Zhang, N., Hu, Y., et al.* GsRSS5L, a Candidate Gene Underlying Soybean Resistance to Seedcoat Mottling Derived from Wild Soybean (*Glycine soja* Sieb. and Zucc). *Int. J. Mol. Sci.* 2022. vol.23. pp. 1-12 <https://doi.org/10.3390/ijms23147577>.
14. *Liu, Q., Hobbs, H.A. & Domier, L.L.* Genome-wide association study of the seed transmission rate of soybean mosaic virus and associated traits using two diverse population panels. *Theor Appl Genet.* 2019. Vol. 132. pp. 3413–3424. <https://doi.org/10.1007/s00122-019-03434-w>.
15. *John Rupe, Randall G. Luttrell S.* Effect of Pests and Diseases on Soybean Quality. *Soybeans.* 2008. [https:// www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/soybean-mosaic-virus](https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/soybean-mosaic-virus).
16. *Githiri SM, Yang D, Khan NA, Xu D, Komatsuda T, Takahashi R.* QTL analysis of low temperature induced browning in soybean seed coats. *J Hered.* 2007. Vol. 98(4). pp. 360-366. doi: 10.1093/jhered/esm042.
17. *Yamaguchi N, Hagihara S, Hirai D.* Field assessment of a major QTL associated with tolerance to cold-induced seed coat discoloration in soybean. *Breed Sci.* 2019. Vol. 69(3). pp. 521-528. doi: 10.1270/jsbbs.19024.

REASONS FOR PIGMENTATION OF SOYBEAN SEEDS IN THE SAMARA REGION

© 2023 A.I. Katyuk, K.A. Bulatova

Samara Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences,
Samara Research Institute of Agriculture named after N.M. Tulaikov, Bezenchuk, Russia

The study of soybean pigmentation was carried out at the experimental field of the Samara Research Institute in 2013-2022. The pigmentation of varieties and the degree of pigmentation of seeds were studied on 36 varieties of the VIR collection and 2 varieties of their own selection. All varieties differed in vegetation duration and ecological origin. A long-term study has shown that the degree of pigmentation of seeds and the number of varieties subject to pigmentation are not related to each other and vary depending on the conditions of the year. Pigmentation of seeds does not affect seed productivity and seed quality, but only worsens the commercial attractiveness. The main cause of seed pigmentation in the Samara region has been established, which is associated with cooling during the generative and reproductive development of soybeans.

Keywords: soy, pigmentation, variety, productivity, protein, collection, average daily temperature.

DOI: 10.37313/2782-6562-2023-2-1-29-36

EDN: UQIXER

REFERENCES

1. Kathleen KargesSonoko D. Bellingrath-Kimura Christine A. Watson Frederick L. Stoddard Mosab Halwani Moritz Reckling. Agro-economic prospects for expanding soybean production beyond its current northerly limit in Europe. *European Journal of Agronomy*. 2022. R. 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2021.126415>
2. Jan'czak-Pienia'z'ek, M., Buczek, J., Bobrecka-Jamro, D., Szpunar-Krok, E., Tobiasz-Salach, R., Jarecki, W. Morphophysiology, Productivity and Quality of Soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) cv. Merlin in Response to Row Spacing and Seeding Systems. *Agronomy* 2021. 11. R. 1-18. <https://doi.org/10.3390/agronomy11020403>.
3. Malle S, Morrison M, Belzile F. Identification of loci controlling mineral element concentration in soybean seeds. *BMC Plant Biology*. 2020. 20. R. 1-14. <https://doi.org/10.1186/s12870-020-02631-w>.
4. Gao R, Han T, Xun H, Zeng X, Li P, Li Y, Wang Y, Shao Y, Cheng X, Feng X, Zhao J, Wang L, Gao X. MYB transcription factors GmMYBA2 and GmMYBR function in a feedback loop to control pigmentation of seed coat in soybean. *Journal of Experimental Botany*. 2021. Vol.72, No.12 pp. 4401-4418, doi:10.1093/jxb/erab152.
5. Yang K, Jeong N, Moon JK, Lee YH, Lee SH, Kim HM, Hwang CH, Back K, Palmer RG, Jeong SC. Genetic analysis of genes controlling natural variation of seed coat and flower colors in soybean. *Journal of Heredity*. 2010. 101(6). pp. 757-768. doi: 10.1093/jhered/esq078.
6. Song J, Guo Y, Yu LJ, Qiu LJ. Progress in genes related to seed-coat color in soybean. *Yi Chuan*. 2012. 34(6). pp. 687-694. doi: 10.3724/sp.j.1005.2012.00687.
7. Tsoyi K, Park HB, Kim YM, Chung JI, Shin SC, Shim HJ, Lee WS, Seo HG, Lee JH, Chang KC, Kim HJ. Protective effect of anthocyanins from black soybean seed coats on UVB-induced apoptotic cell death in vitro and in vivo. *J Agric Food Chem*. 2008. Vol. 56(22). pp. 10600-10605. doi: 10.1021/jf802112c.
8. Bujlin, D. O pyatnistosti soevyh bobov / D. Bujlin // *Semenovodstvo*. – №11/12. – 1931, М.: Sel'kolhozgiz. – S. 51-55.
9. Dospekhov, B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy) / B.A. Dospekhov. – 5-e izd., dop. i pererab. – М.: AGRO Promizdat, 1985. – 351 s.
10. Yamaguchi N, Suzuki C, Yamashita Y, Senda M. A pubescence color gene enhances tolerance to cold-induced seed cracking in yellow soybean. *Breed Sci*. 2021 vol. 71(4). pp. 467-473. doi: 10.1270/jsbbs.21035.
11. Masayasu Saruta, Hirotaka Ashina, Takuro Matsumoto, Harumitsu Okubo, Miho Hiraoka, Atsushi Kasai, Shizen Ohnishi, Hideyuki Funatsuki, Michio Kawasaki, Teruo Sano and Mineo Senda. A major gene for tolerance to cold-induced seed coat discoloration relieves viral seed mottling in soybean. *Breeding Science* 2020. Vol. 70 No. 4. pp. 449-455 doi: 10.1270/jsbbs.19162
12. Mach J. Saddle Up, Soybean Seed Pigments: Argonaut5 in Spatially Regulated Silencing of Chalcone Synthase Genes. *Plant Cell*. 2017 vol. 29(4). pp. 604. doi: 10.1105/tpc.17.00291.
13. Song, S., Wang, J., Yang, X., Zhang, X., Xin, X., Liu, C., Zou, J., Cheng, X., Zhang, N., Hu, Y., et al. GsRSS3L, a Candidate Gene Underlying Soybean Resistance to Seedcoat Mottling Derived from Wild Soybean (*Glycine soja* Sieb. and Zucc). *Int. J. Mol. Sci*. 2022. vol.23. pp. 1-12 <https://doi.org/10.3390/ijms23147577>.
14. Liu, Q., Hobbs, H.A. & Domier, L.L. Genome-wide association study of the seed transmission rate of soybean mosaic virus and associated traits using two diverse population panels. *Theor Appl Genet*. 2019. Vol. 132. pp. 3413-3424. <https://doi.org/10.1007/s00122-019-03434-w>.
15. John Rupe, Randall G. Luttrell S. Effect of Pests and Diseases on Soybean Quality. *Soybeans*. 2008. <https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/soybean-mosaic-virus>.
16. Githiri SM, Yang D, Khan NA, Xu D, Komatsuda T, Takahashi R. QTL analysis of low temperature induced browning in soybean seed coats. *J Hered*. 2007. Vol. 98(4). pp. 360-366. doi: 10.1093/jhered/esm042.
17. Yamaguchi N, Hagihara S, Hirai D. Field assessment of a major QTL associated with tolerance to cold-induced seed coat discoloration in soybean. *Breed Sci*. 2019. Vol. 69(3). pp. 521-528. doi: 10.1270/jsbbs.19024.

Anatoly Katyuk, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher at the Laboratory of Leguminous Crops.

E-mail: samniich@mail.ru

Ksenia Bulatova, Researcher at the Laboratory of Leguminous Crops.