

одинаково, но у диких слабее развит трахендный остров из-за меньших размеров семян и меньшего числа трахенд.

ОНТОГЕНЕЗ СЕМЯН И ИХ РАЗНОКАЧЕСТВЕННОСТЬ

Растения сои в ходе онтогенеза проходят 12 последовательных этапов, сходных с этапами органогенеза других видов высших растений (Куперман, 1962).

В этом жизненном цикле растений этапы формирования, развития и созревания семени занимают первостепенное значение, так как определяют полноценность семян, и с момента возникновения оплодотворенной яйцеклетки (зиготы) начинается новая жизнь растения (Прокофьев, 1964). На всех этапах в семени происходит ряд сложных физиолого-биохимических процессов и превращений из одного состояния в другое, более сложное. Начинается этот процесс с зарождения семени и продолжается до полной его зрелости, когда оно становится способным дать нормальный росток (Строна, 1966; Овчаров, 1969).

По культуре сои, несмотря на большую ее значимость, вопросу онтогенеза семян посвящено мало исследований отечественных и зарубежных авторов.

Процесс цветения у растений сои наступает после образования боковых ветвей. Началом плодообразования А. К. Лещенко (1962) считает появление первых бобов длиной 1 см. Это наступает через 10—18 дней после цветения. От оплодотворения до полного созревания в условиях Украины автор выделяет по внешним морфологическим признакам четыре периода: формирование семян, налив, начальная зрелость, полная зрелость. Эти периоды составляют 40—50% всего вегетационного периода сои. Наиболее короткая фаза, по данным А. К. Лещенко, фаза созревания, которая длится в среднем 10—15 дней.

В работе И. Н. Гальченко (1953) отмечается, что семенам сои несвойствен период послеуборочного дозревания и физиологическая зрелость их наступает гораздо раньше полной (уборочной) зрелости, т. е. семена сои приобретают способность прорасти в лабораторных условиях на очень ранних фазах развития.

Исследованиями А. И. Громовой (1966) показано, что

лучшими качествами обладают семена сои, образовавшиеся в первых бобах.

При детальном изучении этого вопроса, проведенном во ВНИИМК в условиях Кубани в 1967—1970 (И. И. Чалый) и 1971—1975 гг. (Чалый, Перестова), весь цикл онтогенеза семян сои расчленили на четыре периода: образование семени (эмбриональная фаза), формирование и рост; налив, созревание (Чалый, 1973). Эти периоды включают шесть фаз.

Такая классификация периодов онтогенеза семян сои дана на основе физико-биологических свойств, биохимического и морфолого-анатомического анализа семян сортов Неполегающая 2, Комсомолка и Ранняя 10.

Образование плода и семени (эмбриональная фаза). После оплодотворения завязь развивается в плод, стенки завязи — в перикарпий плода (створки боба), а семязпочка в результате сложных преобразований — в семя. Продолжительность периода — 10—17 дней от оплодотворения. Вначале, до 7—10-дневного возраста, этот процесс носит замедленный характер, а затем резко активизируется. На поперечном срезе 5-дневной завязи четко выделяется средняя ткань плодовой оболочки — мезокарпий, состоящий из многослойного скопления паренхимных клеток, начинает обозначаться внутренняя ткань — эндокарпий.

У зачатка семени уже видны сравнительно крупные толстостенные клетки эпидермиса, вслед за которым располагаются 4—5 слоев мелких клеток. Среди них заметно скопление округлых клеток, дающих начало семядолям и почечке. Семена имеют вид тонких (0,5 мм) пластинок длиной 1,1—1,4 мм. У зародыша заметно четкое разграничение семядолей — продолговатых лепестков, окружающих бугорок меристематических клеток почечки. Через 15—17 дней после оплодотворения длина бобов составляет 1,2—1,4 см с едва заметными бугорками, под которыми находятся полости для семян, толщина которых 1,2—1,3 мм, диаметр — 2—2,5 мм; величина зародышевого корешка 0,5—0,6 мм. В этот период влажность образовавшихся бобов составляет 72—73%, семян — 80—82%. Семена зеленые, мягкие, при надавливании размазываются.

Формирование и рост (мягковосковая фаза и фаза интенсивного роста) начинаются еще в предшествующем периоде, но наиболее интенсивно протекают через

15—20 дней после оплодотворения завязи и сопровождаются постепенно усиливающимся накоплением пластических веществ и продуктов фотосинтеза. Продолжается до 35—40-дневного возраста, к концу периода размер бобов достигает максимальной величины. Зелено-желтые или желто-зеленые створки боба приобретают прочность благодаря четко отдифференцированному перикарпию. При разлучивании бобов внутренняя ткань перикарпия (эндокарпий или так называемый пергаментный слой) легко отделяется от плодовой оболочки. К концу периода каких-либо изменений в структуре перикарпия и семян не наблюдается. В этот период заканчивается дифференциация клеток семенной оболочки на эпидермальные и гиподермальные, происходит окончательная дифференциация зародыша на семядоли, почечку и корешок.

Семена зеленого цвета, мягкой консистенции (режутся ногтем). При наступлении физиологической зрелости влажность их снижается до 60—66%. В дальнейшем постепенно снижается влажность бобов и семян без каких-либо морфолого-анатомических изменений.

Налив. Накопление в семенах пластических веществ происходило еще в предшествующей фазе роста. В период налива по существу завершается процесс прироста сухого вещества семян. К 50—60-дневному возрасту масса 1000 семян достигает максимальной величины. В начале периода бобы зелено-желтые; в конце — желто-бурые. Семена светло-зеленые с желтизной, еще мягкие, с блестящей поверхностью. Семенная оболочка легко отделяется от семядолей. Влажность семян снижается до 36—40%. В этот период желтеют и опадают листья.

Созревание (твердовосковая и твердая фазы) длится от 15 до 20 дней и более в зависимости от сорта и метеорологических условий.

Возраст семян к концу периода может составлять более 70 дней. Бобы приобретают присущую сорту окраску, они эластичные, при надавливании створки их легко раскрываются. Эндокарпий, плотно сросшийся с плодовой оболочкой, гладкий, блестящий с внутренней стороны, придает створкам боба жесткость. Семена теряют связь с материнским растением и приобретают твердовосковую и твердую консистенцию. Семенная оболочка плотно прилегает к семядолям и отделяется от них с трудом. Влажность семян к концу периода — в пределах 13% и ниже. Растения желтые, полностью обезлиственные.

Длительность периодов развития и фаз созревания семян сои зависит от условий произрастания и сортовых особенностей. У семян сортов Неполегающая 2 и Комсомолка эти процессы проходят практически в одинаковом темпе. Разница наблюдается только в календарных сроках наступления той или иной фазы. У семян сорта Ранняя 10 цветение и плодообразование начинаются на 8—12 дней раньше по сравнению с сортом Комсомолка и на 18—22 дня — по сравнению с сортом Неполегающая 2, более ускоренным темпом проходят рост и развитие бобов, значительно короче период созревания семян.

Семена сои сортов Неполегающая 2 и Комсомолка достигают уборочной влажности практически в одинаковом возрасте — через 75—80 дней после оплодотворения завязи. Масса 1000 свежесобраных семян у обоих сортов закономерно возрастает до 50—60-дневного возраста, затем резко снижается за счет потери воды при высыхании. По мере созревания семян снижается активность каталазы (табл. 3).

3. Характеристика свежесобраных семян сои различной степени зрелости (ВНИИМК, 1967—1975 гг.)

Возраст семян (дни от оплодотворения завязи)	Уборочная влажность, %	Масса 1000 семян, г	Удельная масса, г/см ³	Энергия прорастания	Всхожесть	Активность каталазы, мм O ₂ на 1 г за 1 ч
				%		
Сорт Неполегающая 2 (1967—1970 гг.)						
40—45	76,4	135,7	1,10	59	77	302,2
50—55	66,1	179,7	1,17	87	96	281,6
60—70	61,9	210,4	1,18	98	99	257,9
75—80	41,1	174,3	1,23	98	99	243,3
85—90	14,1	115,3	1,32	98	100	178,6
Сорт Комсомолка (1972—1975 гг.)						
40—45	74,5	160,3	1,11	59	80	237,5
50—55	66,4	256,8	1,18	85	95	230,0
60—70	56,1	261,6	1,24	96	99	190,5
75—80	21,5	187,8	1,31	97	99	162,5
85—90	10,0	148,1	1,35	99	100	147,2

Данные по динамике накопления основных химических веществ в процессе развития и созревания семян

сои представлены в таблице 4. Они свидетельствуют о том, что процентное содержание жира в семенах сои сорта Неполегающая 2 стабилизируется в 50—60-, а в семенах сорта Комсомолка — 45—60-дневном возрасте. По мере созревания семян обоих сортов содержание в них общего фосфора возрастает, а калия снижается. Содержание сырого протеина в семенах обоих сортов стабилизируется к 65—75-дневному возрасту.

4. Динамика накопления основных химических веществ в семенах сои при их созревании (ВНИИМК, 1967—1975 гг.)

Возраст семян (дни от оплодотворения завязи)	Содержание, % на сухое вещество							
	жира	протеина	P ₂ O ₅	K ₂ O	жира	протеина	P ₂ O ₅	K ₂ O
	сорт Неполегающая 2 (1967—1970 гг.)				сорт Комсомолка (1971—1975 гг.)			
40—45	19,7	30,2	1,22	2,20	20,7	30,2	1,27	2,22
50—60	21,3	34,1	1,36	2,08	21,2	34,8	1,33	2,15
65—70	20,7	38,9	1,38	1,94	21,6	33,7	1,40	2,08
75—80	20,7	39,5	1,40	1,84	22,3	35,0	1,41	1,94
85—90	20,4	39,5	1,46	1,80	22,3	34,9	1,42	1,74

В процессе онтогенеза семян сои формируются также их биологические свойства. Физиологическая зрелость семян сои, т. е. способность их прорасти, наступает на ранних фазах развития. Высокой всхожестью они обладают уже через 30—40 дней после оплодотворения завязи. Однако способность давать высокопродуктивные растения появляется несколько позже — в 50—55-дневном возрасте, задолго до полной (уборочной) зрелости. Влажность семян в этот период составляет 30—35%.

Семена сои хорошо прорастают в свежесобранном состоянии независимо от степени зрелости. Об этом свидетельствуют данные таблицы 5, представленные по сорту Неполегающая 2. Разнокачественность семян проявляется только по массе 1000 семян, удельной массе и массе 100 ростков. Аналогичная закономерность наблюдается и по сорту Комсомолка, только при несколько иных абсолютных величинах отмеченных показателей. Высокой всхожестью семена сои обладают при уборке в разные фазы развития и ручном обмолоте. При массовой

же уборке и машинном обмолоте посевные качества 35—40-дневных семян несколько снижаются из-за большой травмированности. Ниже у них и полевая всхожесть по сравнению с более зрелыми семенами. Посев такими семенами приводит к недобору урожая на 1,1—1,4 ц/га по сравнению с посевом 50-дневными семенами. Посевные качества и урожайные свойства 50-, 60- и 70-дневных семян практически одинаковы (табл. 5).

5. Влияние степени зрелости семян сорта Неполегающая 2 на их посевные качества и урожайность сои (ВНИИМК, 1968—1970 гг.)

Возраст семян, дни от оплодотворения	Масса 1000 семян, г	Энергия прорастания, %	Всхожесть, %		Урожайность	Разница в урожайности
			лабораторная	полевая		
35	121	82	90	56	11,3	—1,1
40	126	82	88	54	11,0	—1,4
50	129	89	96	64	12,4	0
60	129	91	95	62	12,2	—0,2
70	128	90	96	62	12,0	—0,4

$\pm m$ 0,15; m , % 1,3; m_d 0,21;

НСР₀₅, ц/га 0,51

Для семян сои, как и семян других культур, характерна разнокачественность. Это свойство растительного мира является необходимым эволюционным приспособлением в процессе филогенеза (Любич, 1961). Различают три категории разнокачественности: генетическую, экологическую и матрикальную (Строна, 1964, 1966; Кизилова, 1974).

Разнокачественности семян сои предшествует разнокачественность репродуктивных органов, формирование которых происходит неодинаково и неодновременно в разных частях растения (Левина, 1967). Место образования семян на растении обуславливает их разнокачественность в силу не только различных условий внешней среды при их формировании, но и иного обеспечения необходимыми веществами (Овчаров, Кизилова, 1966).

Одной из биологических особенностей растений сои является то, что при неблагоприятных условиях погоды (засуха) в период начала цветения бобы из первых цветков не образуются вследствие абортирования завязей.

Другая биологическая особенность растений сои заключается в том, что в период плодообразования ассимиляты идут только на питание бобов. Причем листья, расположенные на разных узлах, не «делятся» ассимилятами друг с другом, и от каждого листа ассимиляты поступают только в те бобы, которые находятся в его пазухе (Беликов, 1965). Ассимилирующая же способность листьев, расположенных в разных частях растения, неодинакова. Поэтому и качество семян, образовавшихся в различно расположенных плодах, разное.

Матрикальная разнокачественность семян сои проявляется в морфологических признаках, физических и биологических качествах уже на ранних фазах их развития и сохраняется по некоторым показателям до полной спелости. У 35—40-дневных семян верхнего яруса сорта Неполегающая 2 влажность наиболее высокая, а масса 1000 семян самая низкая. Заметно снижение у этих семян энергии прорастания и всхожести, особенно у свежесобранных. Меньше в них жира и протеина. Наиболее высокие качества по всем показателям имеют семена нижнего и среднего ярусов центрального стебля растений сои (табл. 6).

Аналогичная закономерность наблюдается и у семян сои сорта Комсомолка.

В фазу полной спелости семена сои, взятые с разных мест растений, четко различаются по массе 1000 штук и размерам. Масса 1000 семян с верхнего яруса центрального стебля и боковых ветвей на 7—10% ниже, чем семян с нижнего и среднего ярусов. По показателю лабораторной всхожести семена этих ярусов практически не различаются.

Разнокачественность семян сои по физическим показателям проявляется и в пределах одного боба независимо от положения его на материнском растении. В период роста и в фазе полной спелости третьи (от пестика) семена имеют меньшие размеры и массу 1000 шт., чем первые и вторые.

Семенам сои свойственна также генетическая и экологическая разнокачественность. Первая возникает в результате соединения неравноценных гамет родительских форм. Гаметы в наследственном отношении по геномному составу разнокачественны, поэтому и формирующиеся семена генетически неравноценны. Эта категория разнокачественности носит наследственный характер и исполь-

6. Качество семян сои сорта Неполегающая 2 в зависимости от местоположения их на растении (ВНИИМК, 1972—1973 гг.)

Возраст (в днях от оплодотворения завязи), местоположение семян на растении (ярус)	Уборочная влажность, %	Масса 1000 шт., г	Энергия прорастания		Масса 1000 шт., г	Энергия прорастания	
			%			%	
	свежеубранных семян				семян, хранившихся 2—3 месяца		
35-дневные							
нижний	66,1	274,0	76	79	105,3	88	90
средний	67,3	261,0	84	89	88,0	84	92
верхний	69,7	248,7	70	74	84,3	73	86
боковые ветви	63,7	266,3	80	88	104,9	84	90
40-дневные							
нижний	59,7	279,3	79	89	123,1	86	96
средний	64,0	308,0	80	89	113,0	85	97
верхний	68,2	246,7	75	85	101,4	84	94
боковые ветви	58,2	259,0	82	89	127,4	85	98

зуется при выведении новых сортов с определенными породными качествами. У культуры сои эта категория разнокачественности проявляется во внешних морфологических признаках семян разных сортов (форма, размер, строение оболочки, ее окраска и т. д.), в различном уровне физических и биохимических показателей (масса 1000 семян, натура, плотность, содержание жира, белка) и в урожайных свойствах, т. е. в продуктивности растений, выросших из различных по качеству семян.

Экологическая разнокачественность семян — результат воздействия на развивающиеся семена внешних условий, которые оказывают влияние не только на продолжительность периодов развития и фаз созревания семян, но и на характер процессов, протекающих в них. Эти процессы могут протекать интенсивно или замедляться, что приводит к определенным изменениям качества семян (Строна, 1966; Кизилова, 1974).

При выращивании семян сои при орошении или на удобренном фоне замедляется снижение их влажности в период созревания, позже у них наступает стабилизация массы 1000 семян, хотя абсолютная величина этого

показателя выше по сравнению с семенами, выращенными на обычном фоне при строчном загущенном посеве.

Выращивание семян сои на различных фонах оказывает также некоторое влияние на содержание основных химических веществ. На удобренном фоне в семенах возрастает содержание белка по сравнению с неудобренным фоном; орошение же, наоборот, приводит к снижению содержания белка и увеличению содержания жира (табл. 7).

7. Динамика накопления в семенах сои основных химических веществ в зависимости от фона выращивания (ВНИИМК, 1972—1974 гг.)

Сроки уборки (после начала плодообразования), дни	Содержание, % на сухое вещество							
	жира				протейна			
	при удобренни	без удобрения	при орошении	без орошения	при удобренни	без удобрения	при орошении	без орошения
30	19,5	19,6	21,1	17,5	40,9	40,3	32,0	35,9
35	22,7	21,7	21,8	19,1	37,6	36,2	32,7	36,8
40—45	24,6	22,5	21,9	20,6	38,1	33,7	33,1	36,7
50—55	23,7	22,6	22,1	21,6	37,6	35,4	34,9	37,8
60	23,1	22,6	22,0	20,8	37,8	36,0	35,9	37,7

Как правило, послеуборочного периода покоя семена культурной сои не имеют. Однако для нее как представителя семейства бобовых свойствен особый тип эндогенного покоя — твердосемянность (Николаева, 1967; Попцов, 1976).

Иногда семенная оболочка бывает особенно плотной, герметически изолируя зародыш от внешней среды. Такие семена долго не набухают, находясь в почве и даже в воде, следовательно, и не прорастают. Они называются твердокаменными или твердыми (Строна, 1966; Майсурян, 1970; Попцов, 1976).

Поскольку признак твердосемянности наследуется, степень его проявления зависит от условий формирования и созревания семян. Особенно этому способствует сухая жаркая погода в фазу молочно-восковой спелости семян. Это свойство является и сортовым признаком, так как при одинаковых условиях выращивания не все сорта

образуют твердые семена. По данным ВНИИМК, наиболее склонны к этому сорта Херсонская 2, Днепроовская 12, Терезинская 2, многие номера коллекции ВИР, относящиеся к мелкосемянным полукультурным формам сои. Остальные сорта образуют очень небольшое число твердых семян (Перестова, 1980).

Большинство твердых семян — здоровый полноценный посевной материал, что обусловлено герметичностью, непроницаемостью их оболочки не только для воды, но и для патогенов.

Отбор твердых семян для оздоровления партий следует проводить после 24-часового замачивания в воде. Перед анализом на определение их посевных качеств твердые семена сои следует скарифицировать.

Посев скарифицированными твердыми семенами дал возможность получить в среднем за три года урожай выше, чем при посеве «мягкими» семенами или семенами общей партии.

ТРЕБОВАНИЯ К ФАКТОРАМ ЖИЗНИ

Температурный фактор. По мнению большинства исследователей, соя относится к растениям с повышенной требовательностью к теплу. Отмечается, что нижний порог активных среднесуточных температур для сои не 10, а 15 и даже 16—17°C.

По данным В. Б. Енкена (1959), сумма активных температур (свыше 10°C) за вегетацию составляет для очень ранних сортов (град. С) 1700—1900, ранних — 2000—2200, среднеспелых — 2600—2750 и очень поздних — 3000—3200. Для большинства современных сортов сумма активных температур колеблется от 1700 до 3000°C. Имеются сорта отечественной селекции, дающие полноценный урожай при сумме активных температур 1600—2000°C (Рязанцева, Малыш, 1974; Кузин, 1976; Лавриненко и др., 1978; Лещенко, 1978).

Потребность сои в тепле возрастает от прорастания семян к всходам, затем к цветению и формированию семян; во время созревания она уменьшается.

Для различных географических пунктов сумма активных температур периода посев—всходы является величиной довольно постоянной и составляет 120—130°C (Енкен, 1959). При оптимальной влажности почвы полное