

Между содержанием белка и трипсин-ингибиторной активностью установлена отрицательная корреляция ($r = -0,47 \pm 0,16$), что дает возможность отбирать для селекции высокобелковые номера с низкой активностью ингибиторов. Между масличностью семян и активностью ингибиторов выявлена прямая зависимость ($r = 0,58 \pm 0,15$). Возделывание сои в условиях орошения, сопровождающееся снижением относительного содержания белка и увеличением масличности, приводит к некоторому повышению активности ингибиторов протеолитических ферментов. Так, в полевых опытах в богарных условиях средняя трипсин-ингибиторная активность семян составила 28,6, а при орошении она возросла до 32,3 ИЕ/мг белка.

Ингибиторы протеолитических ферментов, являющиеся нежелательным компонентом пищевых и кормовых белков, снижающие их пищевую ценность, играют важную физиологическую роль в жизни растения. Они участвуют в регулировании процесса протеолиза в созревающих и прорастающих семенах. Некоторые ингибиторы выполняют функции защитных белков, предохраняющих растения от бактериальных и грибных инфекций и от поражения насекомыми-вредителями (Мосолов, 1975). А. С. Телеуцей (1979) в условиях Молдавии установлено, что в белке сортов сои, устойчивых к бактериозам и вирусной мозаике, содержится от 8,6 до 9,9% ингибиторов, тогда как у группы восприимчивых сортов — от 5,3 до 6%.

ИЗМЕНЕНИЕ КАЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА СЕМЯН В ПРОЦЕССЕ СОЗРЕВАНИЯ И ПРОРАСТАНИЯ

Направленность биосинтеза запасных веществ в созревающих семенах сои не зависит от сортовых особенностей и факторов внешней среды. Длина вегетационного периода, а также погодные условия оказывают влияние лишь на интенсивность этих процессов.

Как показали исследования ВНИИМК, в семенах сорта Ранняя 10 на девятый день после цветения при влажности 83,3% масличность составила 5,4%. По мере развития семян относительное содержание масла быстро возрастает, а к концу созревания несколько снижается за счет более быстрого прироста нежировых веществ.

Максимальное относительное содержание белка отмечено на девятый день после цветения, затем оно понижается и стабилизируется (табл. 26).

26. Содержание воды, масла и белка в созревающих семенах сои (ВНИИМК, 1980—1981 гг.)

Сроки отбора проб, дни после цветения	Вода, % в семенах	Масло	Белок
		% в абсолютно сухих семенах	
9-й	83,3	5,4	44,1
16-й	84,2	9,8	40,8
23-й	80,0	17,0	38,7
30-й	75,6	21,2	39,0
37-й	68,5	24,0	39,8
44-й	61,8	23,6	41,7
51-й	49,1	23,4	41,0
59-й	31,0	22,9	41,2
66-й	10,4	22,2	41,9

Абсолютное количество масла и белка возрастает в семенах сои до полной их зрелости (рис. 4).

При созревании семян сои происходят существенные изменения в их белковых комплексах. В первые дни развития семян среди азотсодержащих веществ преобладают небелковые низкомолекулярные соединения, представляющие собой промежуточные продукты обмена веществ, которые используются для синтеза белка. Относительное содержание экстрактивного небелкового азота по мере созревания семян снижалось с 54,8 до 9,9% у сорта Ранняя 10, с 59,9 до 12,9% от общего азота у сорта Комсомолка. Белковый азот к концу созревания составляет основную часть, содержание его значительно возрастает (с 32,4 до 88,4% у сорта Ранняя 10 и с 25,7 до 83,2% от общего азота у сорта Комсомолка). Количество нерастворимого

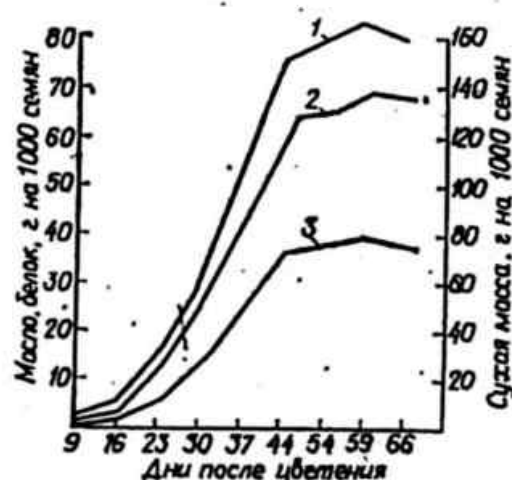


Рис. 4. Динамика накопления сухой массы (1), белка (2) и масла (3) в семенах (в г на 1000 шт.)

остатка уменьшается с 12,8 до 1,7%, у сорта Ранняя 10, с 14,4 до 2,6% у сорта Комсомолка (табл. 27).

27. Формы азотсодержащих соединений в созревающих семенах сои (ВНИИМК, 1980—1981 гг.), % от общего азота

Срок отбора проб, дни после цветения	Белки		Экстрактивные небелковые вещества		Нерастворимый остаток	
	Ранняя 10	Комсомолка	Ранняя 10	Комсомолка	Ранняя 10	Комсомолка
9-й	32,3	25,7	54,8	59,19	12,8	14,4
16-й	36,4	39,8	48,4	45,5	15,2	14,7
23-й	66,6	72,9	25,3	23,3	8,1	3,8
37-й	86,2	84,9	11,3	12,5	2,5	2,6
58-й	88,4	83,2	9,9	12,9	1,7	3,9

В начале созревания семян в их белковом комплексе отмечено одинаковое содержание водо- и щелочерастворимой фракции, затем количество водорастворимых белков возрастает, достигая максимального значения к концу созревания. Так, в зрелых семенах сорта Ранняя 10 водорастворимых белков 96,3%, в семенах сорта Комсомолка — 94,1% от белкового азота. Относительное количество соле- и щелочерастворимых белков у обоих сортов к концу созревания семян уменьшается (табл. 28).

28. Изменение фракционного состава белков в созревающих семенах сои (ВНИИМК, 1980—1981 гг.), % от белкового азота

Срок отбора проб, дни после цветения	Белки, извлекаемые					
	H ₂ O		1 M NaCl		0,2%-ным NaOH	
	Ранняя 10	Комсомолка	Ранняя 10	Комсомолка	Ранняя 10	Комсомолка
9-й	42,5	40,5	11,8	10,7	45,7	48,8
16-й	48,7	43,3	13,8	17,2	37,5	39,5
23-й	67,4	71,8	4,2	9,2	28,4	19,0
37-й	93,6	95,1	2,2	1,5	4,2	3,4
58-й	96,3	94,1	1,0	2,6	2,7	3,3

В процессе созревания семян сои изменяется аминокислотный состав суммарного белка и отдельных его фракций. Наибольшие изменения происходят в содержа-

нии глутаминовой кислоты, количество которой значительно возрастает в период налива и созревания, когда происходит синтез запасных белков (табл. 29).

29. Аминокислотный состав белка созревающих семян сои (ВНИИМК, 1980—1981 гг.), моль%

Аминокислота	Срок отбора проб, дни после цветения				
	9-й	16-й	24-й	37-й	58-й
Лизин	6,0	5,8	5,6	5,8	5,6
Гистидин	5,0	4,4	3,1	2,4	2,4
Аргинин	4,9	5,9	5,7	6,2	6,0
Аспарагиновая	16,4	15,0	11,8	12,0	10,6
Треонин	4,5	4,3	4,4	4,4	4,5
Серин	6,0	6,0	6,2	6,6	6,6
Глутаминовая	12,9	14,5	18,5	18,3	19,4
Пролин	4,5	5,0	5,2	5,4	6,0
Глицин	7,7	7,6	7,5	7,4	7,5
Аланин	7,8	7,6	7,2	6,6	6,6
Валин	6,0	5,8	5,4	5,1	5,0
Метионин	0,8	0,8	0,8	0,9	0,8
Изолейцин	3,9	3,8	4,2	4,2	4,2
Лейцин	7,2	7,1	7,6	7,6	7,6
Тирозин	2,8	2,8	2,8	4,0	3,0
Фенилаланин	3,6	3,6	4,0	4,1	4,2

В первые дни развития семян трипсин-ингибиторная активность (ТИА) их белка не обнаруживается. Она проявляется в незначительной степени через две недели после цветения, резко возрастает в фазу налива и, достигнув максимума к началу созревания семян, остается на таком же высоком уровне до их полного созревания (рис. 5). Таким образом, биосинтез ингибиторов протеолитических ферментов в семенах сои происходит в период интенсивного накопления запасных белков. Сортовых различий в закономерностях накопления ингибиторов трипсина в семенах сои нет.

В начальный период развития семян сои не наблюдается высокого содержания растворимых углеводов, что является одной из особенностей сои. Процесс образования масла у этой культуры идет одновременно с ростом зародыша семени, что, очевидно, исключает накопление углеводов в больших количествах (Воробьев, 1964). Через неделю после окончания цветения содержание сахаров в семенах возрастает, причем резко повышается

содержание моносахаров (глюкозы, фруктозы), в то время как содержание дисахаров увеличивается в меньшей степени. Максимум образования моносахаров совпадает с периодом наиболее интенсивного синтеза масла, а максимум дисахаров наблюдается после окончания процесса маслообразования. Подобная взаимосвязь показывает, что при синтезе масла в семенах сои потребляются главным образом моносахара. К концу маслообразования содержание моносахаров резко падает, а затем они совсем исчезают (рис. 6). Притекающие в это время из других органов растения растворимые углеводы накапливаются в виде дисахаров, содержание которых в зрелых семенах достигает 10—11%.

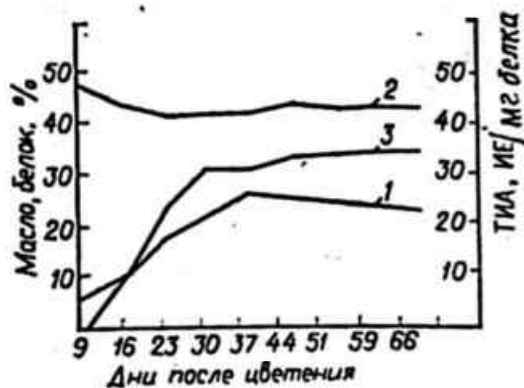


Рис. 5. Изменение содержания масла (1), белка (2) и трипсин-ингибиторной активности (ТИА) (3) в созревающих семенах сои сорта Ранняя 10.

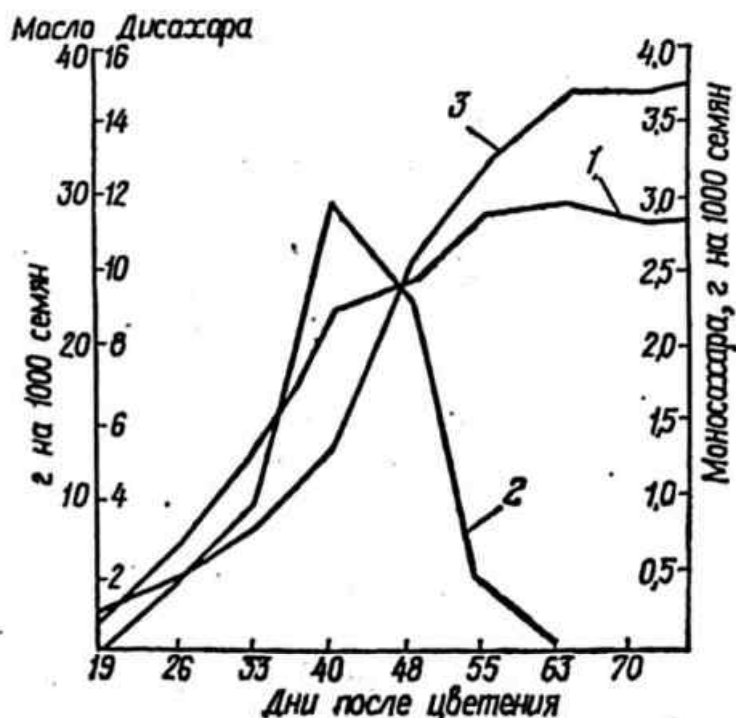


Рис. 6. Динамика накопления масла (1) и растворимых углеводов (2 — моносахара; 3 — дисахара) в семенах сои сорта Высокорослая 1 (Воробьев, 1964).

На ранних стадиях развития семян сои основную массу липидов составляют фосфолипиды (49%) и гликолипиды (29,2%). По мере созревания плодов и накопления липидов начинается интенсивный синтез триглицеридов. Абсолютное количество фосфо- и гликолипидов возрастает при созревании семян значительно медленнее, чем содержание триглицеридов, поэтому эти компоненты становятся минорными в зрелых семенах (Privet et al., 1973)

Исследования Н. В. Воробьева (1967) по динамике накопления жирных кислот в созревающих семенах сои показали, что все свойственные этой культуре кислоты образуются на самой ранней стадии развития семян.

В процессе созревания семян значительно изменяется содержание в масле отдельных ненасыщенных кислот. Интенсивность синтеза линолевой кислоты все время растет, а линоленовой постепенно снижается. Содержание насыщенных кислот не изменяется (табл. 30).

30. Изменение жирнокислотного состава масла соевых семян в процессе их созревания (ВНИИМК, 1961 г.)

Срок отбора проб, дни после цветения	Жирные кислоты, % от суммы				
	стеариновая	пальмитиновая	олеиновая	линолевая	линоленовая
16-й	6,4	16,2	20,6	37,8	17,3
23-й	6,1	13,3	23,6	45,9	10,5
37-й	6,2	13,2	25,8	48,6	7,1
58-й	7,1	13,3	24,1	50,1	5,4
72-й	6,6	13,0	22,9	52,0	5,5

Качество масла изменяется в течение всего периода созревания сои. Только при наступлении полной спелости семян состав масла стабилизируется, при этом в нем отмечается максимальное содержание глицеридов линолевой кислоты. На основании полученных данных автор делает важный вывод, что уборка сои до наступления полной спелости семян приводит к ухудшению качества масла.

Абсолютное и относительное содержание свободных фосфатидов по мере созревания семян понижается, а связанных фосфатидов повышается. Между накоплен-

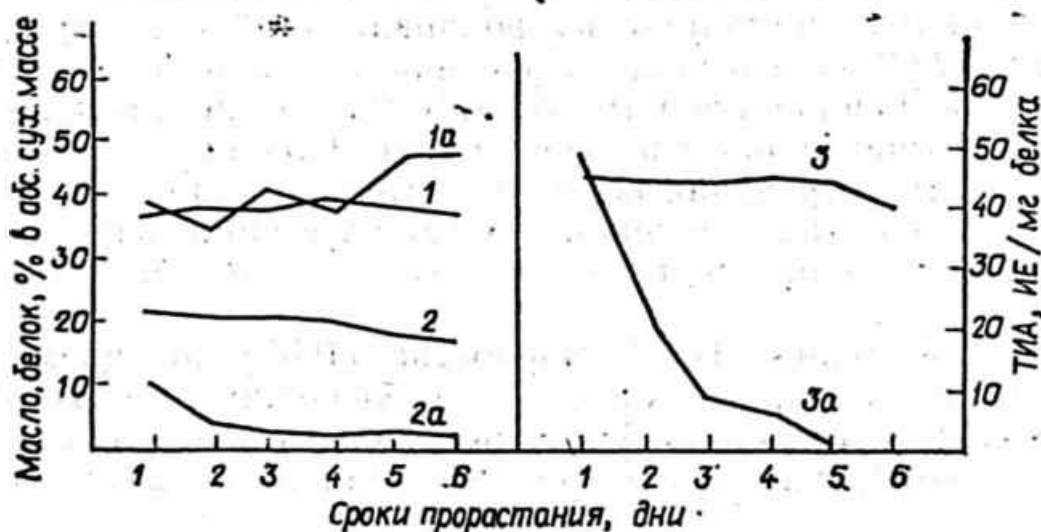


Рис. 7. Изменение содержания белка (1), масла (2) и трипсин-ингибиторной активности (ТИА) (3) в семядолях и соответственно в зародыше (1а, 2а, 3а) семени сои при прорастании у сортов Ранняя 10 (Каленов, 1980).

ем связанных фосфатидов и масла наблюдается прямая зависимость. Максимум токоферолов в масле отмечается в фазу восковой спелости. Более высокое содержание стериннов обнаружено в масле незрелых семян сои (Воробьев, 1964).

Во время прорастания изменяется содержание запасных веществ, в частности белка и масла. Отмечено, что скорость гидролиза масла и белка в семядолях несколько другая, чем в зародышах (рис. 7).

В прорастающем зародыше резко падает содержание масла, на второй день количество его уменьшается более чем в 2 раза; в то же время в семядолях уровень масла снижается в незначительной степени. В зародыше содержание масла уменьшается и на третий день, в последующие дни содержание масла остается на том же уровне.

Содержание белка в зародыше в первые два дня проращивания уменьшается, а с третьего дня увеличивается; в семядолях же заметное уменьшение происходит на шестой день.

При прорастании семян существенно изменяется содержание углеводов. Исследованиями Сюю и других (Hsu, 1973) установлено, что общие растворимые углеводы зародыша стабильно возрастают в течение первых пяти дней, затем их количество уменьшается.

Во время прорастания семян сои снижается активность ингибиторов трипсина. Это объясняется, по-видимому, тем, что значительно возрастает водность тканей семян и снижается кислотность клеточного сока. В таких условиях происходит диссоциация комплекса ингибитор — фермент.

При этом отмечаются не только количественные изменения ингибиторов, наблюдаются и качественные изменения (Ogf, 1977).