

## ВОПРОСЫ ПОВЫШЕНИЯ УРОЖАЯ И УЛУЧШЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА СЕМЯН СОИ

Ю. П. Мякушко

*(Всесоюзный научно-исследов. институт масличных культур)*

Среди зернобобовых и масличных растений земного шара соя — самая распространенная культура. В 1969 г. она занимала около 34 млн. га и находилась на первом месте по урожаю семян. За последние 10 лет площади под этой культурой возросли на 12 млн. га. Только США в 1968 г. произвели около 24 млн. т сои.

В мировом земледелии зернобобовые занимают 10—11% от общей площади посевов полевых культур, а у нас в СССР — только 5%.

Основными поставщиками кормового и пищевого растительного белка на мировой рынок являются США, Бразилия, Аргентина, Австралия и Канада. Причем три страны, экспортирующие белок, — США, Бразилия, Канада — подавляющее его количество производят за счет сои.

В СССР за годы советской власти площадь под соей возросла в несколько раз и достигла в 1968 г. на 850 тыс. га.

Если дальневосточные районы страны в последние годы резко расширили площади под соей и ее производство, то в благоприятных зонах Европейской части СССР (Украина, Северный Кавказ, Нижнее и Среднее Поволжье, Молдавия) соя, к сожалению, еще не заняла надлежащего места среди полевых культур. Есть все основания полагать, что увеличение производства пшеницы, риса, кукурузы, свеклы и других относительно малобелковых культур в ближайшие годы приведет к необходимости существенного увеличения посевов зернобобовых растений вообще и сои в частности.

На своевременность и важность резкого увеличения производства сои в западных районах нашей страны указывают возросшие потребности комбикормовой промышленности в протенне и усиленный спрос на соевый белок и лецитин со стороны животноводства и промышленного птицеводства. По-видимому, имеются причины, способствующие расширению производства сои:

1. На земном шаре ощущается острый дефицит протенновых кормов и высокобелковых пищевых продуктов. Так, по данным акад. Н. А. Майсурына, недостача белка в СССР составляла в 1962 г. 6 млн. т. В докладе Н. Р. Иванова (ВИР) на пленуме секции зернобобовых в г. Орле (1967) уже названа цифра белкового дефицита в СССР в 15 млн. т.

2. Бобовые растения, в том числе соя, являются наиболее дешевым и доступным источником растительного протенна по сравнению с белками животных и рыб.

3. Соя — универсальная пищевая, кормовая, масличная и техническая культура, где все растение используется на 100%.

4. По белковому комплексу и наличию незаменимых аминокислот соевый протенин ближе всего подходит к белкам животного происхождения. Высокая растворимость глицинина в воде (72—94%) делает его легко усвояемым для людей и животных.

5. Химический состав семян сои отличается на редкость благоприятным сочетанием не только протенна и жира, но и лецитина, витаминов и минеральных солей. Достаточно сказать, что суммарное содержание только протенна и жира в семенах сои достигает 60% и более. Одним из важных путей увеличения сборов белка и жира с гектара является повышение урожайности новых сортов.

### Селекция на повышение урожая семян сои

Основные элементы урожая у сои: число растений на гектаре, число бобов на растении, число зерен в бобах и вес 1000 семян (Яндоло, 1935). Дополнительными элементами следует считать число листьев на растении и площадь ассимиляционной поверхности, количество ветвей на растении, число продуктивных узлов, число бобов в узле, количество цветков и бутонов в цветочных кистях и высоту растений.

К числу признаков, отрицательно влияющих на урожай сои, необходимо отнести поражение болезнями и вредителями, растрескивание бобов и осыпание семян, полегание растений и обламывание ветвей, абортивность бобов, опадение бутонов и осыпание цветков, низкое расположение части бобов и как следствие — потерю их при механизированной уборке. Селекционер должен стремиться полностью устранить или свести к минимуму все признаки, снижающие урожай сои, и, по мере возможности, улучшать основные и дополнительные элементы урожая.

Создание новых высокопродуктивных сортов сои неразрывно связано с увеличением веса семян с одного растения.

По данным ВНИИМК, у сои существует тесная корреляция между урожаем семян с одного растения и урожаем зерна с гектара ( $r=+0,68+0,76$ ). Эта зависимость дает основание полагать, что выведенные высокорослые, ветвистые, многобобовые растения новых сортов дадут высокую урожайность в производстве. Кратко остановимся на характеристике основных элементов урожая у сои.

1. Число растений на гектаре и площадь питания. Этот элемент преимущественно агротехнический и относительно легко регулируется человеком. Оптимальное число растений на гектаре определяется в зависимости от плодородия почвы, осадков, зоны выращивания, нормы высева, способов посева, биологических и хозяйственных признаков сортов. В зависимости от перечисленных условий число растений на гектаре может колебаться у сои в широких пределах от 220 до 600 тыс.

2. Вес 1000 зерен. Коэффициент корреляции между урожаем и этим признаком не велик ( $r=+0,28+0,36$ ), поэтому далеко не всегда крупносемянность сочетается с хорошей урожайностью. При высокой агротехнике и благоприятных погодных условиях в период цветения, формирования бобов и налива зерна вес 1000 семян достигает своих максимальных значений для данного сорта и оказывает положительное влияние на урожай.

Вес 1000 семян, как правило, имеет обратную связь с числом бобов на растении ( $r=-0,25-0,46$ ). Обычно наиболее урожайными оказыва-

ются сорта со средним и выше среднего веса 1000 семян (150—190 г) и средним числом бобов на растении. При выведении зерновых пищевых сортов сои желательны иметь крупные, а при селекции кормовых сортов — мелкие семена. Вес 1000 семян — это признак, который довольно стойко передается потомству.

3. Число бобов на растении зависит от количества продуктивных узлов и наличия бобов в каждом узле. Число продуктивных узлов связано с ветвистостью, высотой растения, числом листьев и площадью листовой поверхности. В наших условиях на богаре листовая поверхность 45—55 тыс. кв. метров на гектаре обеспечивает максимальный урожай семян 24—25 ц/га и зеленой массы до 300 ц/га.

За период 1959—1969 гг. на разнообразном материале сои мы наблюдали широкое варьирование числа бобов — от 2,5 до 164,3 на растение. В районированных сортах в среднем во влажные годы было от 25,1 до 62,4 боба, а в засушливые — от 13,2 до 35,5 бобов. Опадение бобов зависит от интенсивности засухи в период цветения — бобообразование и степени поражения болезнями и вредителями.

4. Число зерен в бобах. В условиях Краснодарского края среднее число зерен в бобах (при большом разнообразии селекционного материала) колебалось в пределах 1,12—2,88. Отдельные сорта, формы и коллекционные образцы сои передают потомству признак повышенного числа зерен в бобах и вовлечены нами в скрещивания. При засухе в фазу цветения — завязывание бобов у всех сортов резко увеличивается количество бобов с одним зерном и снижается процент бобов с тремя зернами. При наличии оптимальных температур (+25°) в условиях орошения или обильного выпадения осадков в июле — августе существенно увеличивается число зерен в бобах (до 3—4), улучшается налив, вес 1000 семян и повышается число вызревших бобов.

Одновременно увеличение трех элементов урожая при орошении приводит к резкому (в 2—3 раза) повышению урожая зерна с гектара.

Таблица 1

Характеристика районированных и перспективных сортов сои селекции ВНИИМК (по данным конкурсного испытания за 1966—1968 гг.)\*

Сорт	Где районирован	Вегетационный период (в днях)	Урожай, ц/га		Высота, см			Содержание в абсолют. сухих семенах, %		Число бобов на растении	Вес 1000 семян, г	Сбор, кг/га	
			семян	зеленой массы	растений	прикр. нижн. бобов	жира	белка	жира			белка	
													растений
Неполегающ. 2 ВНИИСК 1	Краснодарский край, с 1962 гг.	138	11,3	169,5	71	15,3	21,9	35,3	28,1	131,1	212,7	342,9	
	Ставроп. край, Дагест. ССР, с 1963 г.	140	12,2	172,1	75	16,2	22,5	36,0	31,2	142,5	232,2	371,5	
Высокорослая 1**	Чечено-Ингушская ССР	132	12,8	163,4	91	25,6	22,0	34,8	29,7	145,0	236,5	383,0	
Комсомолка	Передана в Гос-сортиспыт. в 1965 г.	133	12,9	169,3	78	21,0	23,5	35,8	30,8	169,2	256,4	394,0	
ВНИИМК 6	Передана в Гос-сортиспыт. в 1968 г.	134	13,5	175,9	90	21,4	23,7	35,6	32,6	137,3	275,1	413,3	

\* 1967 и 1968 гг. в Краснодарском крае были очень засушливыми и поэтому получен низкий урожай сои.

\*\* По сорту Высокорослая 1 данные за 1957—1961 гг. ( $m=3,58\%$  НСР=1,24 ц/га).

При селекции сои в условиях полива, по-видимому, можно добиться выведения крупносемянных сортов с повышенным числом зерен в бобах. Учитывая взаимосвязь элементов урожая и их корреляции с хозяйственными признаками мы стараемся выводить многобобовые, крупносемянные сорта сои. Из табл. 1 видно, что районированные на Северном Кавказе сорта сои ВНИИСК 1, Высокорослая 1, а также новые сорта Комсомолка и ВНИИМК 6 превышают сорт-контроль Неполегающую 2 по урожаю за счет крупносемянности и увеличенного числа бобов на растении.

#### Увеличение белковости семян

Даже такой ценный химический состав соевых семян, который дала нам природа, можно существенно улучшить. Об этом свидетельствует многолетняя практика селекции высокомасличных сортов подсолнечника, высокосахаристой свеклы, безалкалоидного люпина и других сельскохозяйственных культур. В выступлении на XIII съезде КПСС министр сельского хозяйства СССР В. В. Мацкевич подчеркнул важность селекционных работ по повышению протенна в зерне и расширению посевов сои. Повышение содержания белка в семенах сои всего на 1% может дать стране ежегодно дополнительно до 2 тыс. т белка.

При оценке кормовых и пищевых сортов сои решающее значение имеет сбор протенна с гектара, который зависит от урожая семян и содержания в них белка.

Наряду с практической селекцией, направленной на увеличение урожая зерна, мы занялись выяснением вопросов, связанных с повышением содержания протенна в семенах сои. Во ВНИИМК изучено весовое соотношение различных частей семени у районированного сорта Неполегающая 2 (табл. 2). Установлено, что от общего веса семян вес оболочки составляет 7,8%, зародыша — 2,8% и семядолей — 89,4%.

Таблица 2

Содержание масла и белка в различных частях семени сои (сорт Неполегающая 2, 1965 г.)

Часть семени	Соотношение отдельных частей семени, %	Содержание в абс. сухих семенах, %	
		жира	протенна
Семядоли	89,4	22,8	44,8
Зародыш	2,8	10,6	34,5
Семенная оболочка	7,8	0,7	6,8
Целое семя	100	21,2	42,5

Тонкая оболочка семян сои исключает реальные возможности селекции на ее уменьшение. Зародыш составляет незначительную долю в общем весе урожая зерна, и, кроме того, работа по уменьшению его величины нецелесообразна, т. к. может привести к уменьшению всхожести и энергии прорастания семян.

Таким образом, увеличение содержания протенна в семядолях сои есть тот резерв, который надлежит использовать в селекции.

Исследованиями Бордакова (1933), Сунь Синь-дуна (1958), Лещенко (1962), Гаусона (1962) и других авторов установлена большая отрицательная корреляция между содержанием жира и белка в семенах сои. Вычисленная нами во ВНИИМК корреляция между этими призна-

ками составила  $r = -0,78 \pm 0,03$ , что привело к необходимости в работе на химический состав принять два направления: белковое и масляное.

В условиях Кубани амплитуда содержания протеина у разных сортов в различные годы в семенах сои была в пределах 28,3—52,2%. Высокое накопление протеина в семенах наблюдалось в засушливые малоурожайные годы, а сбор протеина с гектара был максимальным во влажные годы, когда резко увеличивается урожай семян, но снижается их белковость. В засушливые годы, видимо, следует вести отбор высокобелковых биотипов, а во влажные — хорошо проводить оценки материала по сбору протеина с гектара.

В наших условиях наиболее высокобелковыми сортами являются Кормовая 1 и ВНИИСК 7, которые нами берутся в качестве родительских форм для скрещивания с инорайонными и иностранными сортами. К настоящему времени в селекционных питомниках уже скомплектованы белковые группы сои, где материал по основному показателю — содержанию белка в семенах — размещается по убывающей ценности. Высокобелковый сорт ВНИИСК 7 высевается через 4 делянки. В белковых группах ежегодно проводятся оценки и жесткие выбраковки номеров по комплексу признаков. Характеристика лучших линий из белой группы питомника оценки потомств приведена в табл. 3.

Таблица 3

Характеристика лучших высокобелковых линий из питомника оценки потомств (белковая группа, ВНИИМК, 1963 г.)\*

Образец	Урожай семян с делянки, г	Содержание в семенах, %		Вес 1000 семян, г	Полевая оценка по комплексу призна. баллов
		протеина	жира		
ВНИИСК 7, высокобелковый (контроль)	600	40,0	20,05	142	3+
684, инд. отбор из ВНИИСК 7	570	46,3	20,6	188	4
690, инд. отбор из ВНИИСК 7	650	45,6	20,2	191	4—
695, инд. отбор из ВНИИСК 7	750	44,9	21,5	204	4
733, инд. отбор из ВНИИСК 7 из № 1620	600	44,9	20,4	209	3+
709, инд. отбор из ВНИИСК 7 из сорта 9186	500	44,6	20,5	162	4

\* Учетная площадь делянки 4,9 кв. метра.

Основной методики при селекции сои на повышение содержания протеина в семенах являются:

1) отдаленные эколого-географические скрещивания сортов, отличающихся повышенным содержанием протеина в семенах;

2) выращивание гибридов на фоне усиленного азотного питания в ранние фазы роста и инокуляция семян лучшими в наших условиях штаммами нитрагина (№ 631 и 641);

3) достаточный масштаб (3—5 тыс.) индивидуальных отборов и выделение высокобелковых элит с оценкой их по потомству в ряде поколений;

4) химические анализы на содержание протеина в семенах.

Создание сортов сои с высоким содержанием и сбором протеина — весьма трудная задача, но ею успешно занимаются в Японии, США и Канаде, где уже выведены линии и сорта с содержанием белка в семенах 45—50%.

### Повышение масличности семян

У нас в стране соя является белково-масличной культурой. Поэтому на повышение содержания масла в ее семенах должно быть обращено такое же серьезное внимание, как на скороспелость, урожайность и приспособление к механизированному возделыванию.

Академиком В. С. Пустовойт разработаны два основных пути повышения масличности семян подсолнечника: уменьшение толщины оболочки (лузги) и повышение содержания масла в ядре. Для повышения масличности зерна сои есть один, более трудный путь — увеличение содержания жира в семядолях.

По данным ВНИИМК, содержание масла в семенах у различных сортов и гибридов сои в условиях Кубани составляет 17,6—27,7%, причем, во влажные годы наблюдается одновременное повышение урожая семян и их масличности (табл. 4), а значит и максимальный сбор масла с гектара.

Таблица 4

Урожай и масличность семян сои во влажный 1960 г. и сухой 1962 г.  
(Краснодар, ВНИИМК)\*

Сорт	1960 г.		1962 г.	
	Урожай семян, ц/га	Содержание масла в семенах, %	Урожай семян, ц/га	Содержание масла в семенах, %
Неполегающая 2 (контроль)	21,0	22,3	6,5	20,4
Кубанская 4958	18,7	22,9	5,1	21,3
ВНИИСК 1	17,3	22,9	5,5	20,6
ВНИИМК 1018/57	19,7	24,6	10,1	24,1

\* Сумма осадков за июнь, июль и август в 1960 г. составила 319 мм, из них в августе — 179,3; в 1962 г. за эти же месяцы — 70,2 мм, а в августе — 22,0.

Чувствительность сои к осадкам во второй половине лета объясняется биологическими особенностями растения, связанными с происхождением культуры из Юго-Восточной Азии с ее муссонным климатом. При засухе в июле—августе, в период цветения — плодообразования у сои резко уменьшается урожай семян и их масличность. Поэтому в условиях юга Европейской части СССР вегетационные поливы в фазы цветение — образование бобов — налив семян особенно эффективны (Уклеин, 1962).

Исследования Н. В. Воробьева (1963) и наши данные показали, что маслообразование и накопление сухого вещества в семенах сои в процессе созревания заканчивается при влажности семян около 35%, примерно за 20—30 дней до начала уборки (табл. 5). Следовательно, лучше использовать приемы дефолиации и десикации растений, что может значительно сократить период созревания сои, позволит раньше начать ее уборку, но не снизит урожая и масличности семян.

Дефолиация и десикация может иметь большое значение для семеноводства сои в более северных районах ее возделывания: на Дальнем Востоке, ЦЧО и в лесостепи Украины.

По данным Сун Син-дуна (1958), В. А. Золотницкого (1962) и других исследователей, содержание масла в сое коррелирует с окраской семенной оболочки и в известных пределах с величиной зерен. Используя эти зависимости, мы проводим индивидуальные отборы на повышенную масличность главным образом среди желтозерных и крупносемянных форм. Установлено, что сорта Комсомолка, ВНИИМК 9186 и Ку-

Таблица 5

Динамика накопления масла и сухого вещества в созревающих семенах сои  
(сорт ВНИИСК 1, 1964 г.)

Дата отбора пробы		Число дней от начала цветения	Влажность семян, %	Содержание масла в абсо- лютно сухих семенах, %	Воздушно- сухой вес 1000 семян, г
Август	15	17	82,1	9,3	14,8
»	22	24	75,8	17,5	36,4
»	29	31	70,2	21,8	65,1
Сентябрь	5	39	65,2	22,2	108,2
»	12	46	61,4	22,4	126,7
»	19	53	34,8	22,5	136,8
»	26	60	21,6	22,5	139,4
Октябрь	3	67	16,4	22,4	138,2
»	10	74	12,1	22,5	138,0

банская 4958 в благоприятные годы склонны к повышенному маслосодержанию. Мы провели серию индивидуальных отборов элитных растений из этих сортов. Оказалось, что в них имеется определенное число биотипов с масличностью семян 24,1—52,0% и более. Проверка масличных линий по потомству показала, что 0,2—0,4% из них могут наследовать признак повышенной масличности семян. Наибольшую ценность представляют те высокомасличные элиты, которые отобраны в неблагоприятные (засушливые) годы.

Начаты межсортовые, сортолинейные и межлинейные скрещивания наиболее жиробогатых номеров между собою с целью получения трансгрессивных форм по масличности.

Массовые анализы на содержание масла в семенах и лабораторные анализы селекционных номеров по комплексу хозяйственноценных признаков дали возможность выделить из различного по происхождению материала более 250 семей с масличностью 24,0—25,0%. В настоящее время эти номера скомплектованы в масличные группы в селекционных питомниках, а некоторые уже находятся в предварительном испытании (табл. 6).

Таблица 6

Характеристика лучших номеров предварительного испытания (ВНИИМК, 1966 г.)

Сорт	Урожай семян, ц/га	Вегета- ционный период, дн.	Содержание в семенах, %		Вес 1000 семян, г	Высота, см		Полевая оценка, балл.
			масла	проте- ина		расте- ния	при- крепл. нижн. бобов	
Неполегающая 2 (контроль)	18,5	137	23,0	35,1	140	69	13,2	3
Хоросой	22,2	134	25,0	33,1	161	111	18,6	4
254×№6	21,1	132	24,7	32,9	144	107	19,1	4—
Ф536×Куб. 4958	20,1	133	25,0	34,0	162	97	18,5	4—

Ранее выделенные номера 177/54 и 566 при изучении в конкурсном сортоиспытании в 1965 и 1968 гг. имели масла в семенах 24,2—24,7%, превзойдя сорт ВНИИМК 9186 по этому признаку на 1,2—1,6% и районированный в Краснодарском крае сорт Неполегающая 2 — на 1,5—2,1%.

Из гибрида четвертого поколения Кубанская 276×ВНИИМК 9186 выведен новый урожайный высокомасличный сорт сои Комсомолка. Пя-

тилетние данные конкурсного сортоиспытания во ВНИИМК показали существенные его преимущества перед стандартом Неполегающая 2 (табл. 7). По данным Государственного сортоиспытания, в 1966 г. в Краснодарском крае Комсомолка превысила стандарт по урожаю зерна на 2,7 ц/га, по масличности — на 1,5% и по урожаю зеленой массы — на 22 ц/га.

Таблица 7

Характеристика сорта сои Комсомолка  
(по данным конкурсного сортоиспытания ВНИИМК за 1964—1968 гг.)

Сорт	Веgetационный период в днях	Урожай, ц/га		Высота, см		Содержание в семенах, %		Вес 1000 семян, г
		семян	зеленой массы	растения	прикреплен. нижних бобов	масла	протеина	
Неполегающая 2 (стандарт)	137	15,9	198,0	70	10,2	22,2	33,9	125,9
Комсомолка	136	17,6	230,2	82	14,1	23,8	33,4	151,0
Отклонение от стандарта	-1	+1,7	+32,2	+12	+3,9	+1,6	-0,5	+25,1

В питомнике оценки потомств из сорта Комсомолка выделено более 100 линий с масличностью семян 24,5—25,9%, что свидетельствует о возможности улучшения этого сорта по масличности в процессе семеноводства.