

**ПОСТУПЛЕНИЕ В СЕМЕНА СОИ АЗОТА
ИЗ РАЗЛИЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСЛОВИЙ ВЫРАЩИВАНИЯ**

Г. С. ПОСЫПАНОВ, У. А. ДЕЛАЕВ, В. А. РУХАДЗЕ, В. Ф. ФЕДОРОВ
(Кафедра растениеводства)

Урожайность семян сои в большой степени зависит от обеспеченности растений азотом, поскольку содержание его в семенах составляет 6—8 % абсолютно сухого вещества [1, 2]. В связи с этим представляют теоретический и практический интерес сведения о том, из каких источников поступает азот в семена, какова доля участия отдельных вегетативных органов в обеспечении семян этим элементом питания, сколько его в период налива семян поступает непосредственно из почвы и в результате симбиоза; какое влияние на этот процесс оказывают

усиление симбиотической азотфиксации за счет инокуляции семян, азотные удобрения и некорневые подкормки жидкими комплексными удобрениями, а также продолжительность вегетационного периода и почвенно-климатические условия.

Методика

Указанные вопросы изучали в двух почвенно-климатических зонах на сортах, различающихся по продолжительности вегетационного периода.

Полевые опыты со среднеспелым сортом Картули 7 (недетерминантный тип роста) проводили в 1982—1984 гг. в Цикланском экспериментальном хозяйстве Груз. НИИЗ, расположенном в Алазанской долине Восточной Грузии. Почва опытных участков лугово-коричневая тяжелосуглинистая слабощелочная ($pH_{\text{сол}}$ 7,1—7,3), содержание гумуса составляет 2,1—3,5 %, легкогидролизуемого азота — 13—16, подвижного P_2O_5 — 2,3—3,6, обменного K_2O — 25—40, $CaCO_3$ — 8—11 мг на 100 г. Изучали влияние симбиотрофного (контроль) и автотрофного (вариант с внесением азотных удобрений) типов питания азотом, а также некорневых подкормок жидкими комплексными удобрениями, включающими ЖКУ-10-34-0, мочевину и сульфат аммония. Соотношение N, P, K и S в растворе соответствует соотношению их в семенах сои (10:1:3:0,5). Доза 18 кг/га в одну подкормку. Некорневые подкормки проводили 4 раза начиная с фазы цветения и далее через каждые 10 дней. В качестве фона вносили фосфорные (216 кг P_2O_5 на 1 га) и борные (1 кг В на 1 га) удобрения. Семена были инокулированы вирулентным активным штаммом клубеньковых бактерий 646. Поливали при влажности пахотного слоя почвы 60 % ППВ. Норма азотных удобрений рассчитана на урожай семян сои 30 ц/га с учетом естественного плодородия почвы и коэффициентов использования из почвы и удобрений первой культуры и составила 273 кг д.в. на 1 га. Азотные и борные удобрения вносили под предпосевную культивацию.

В Московской области проведены два полевых опыта в 1982—1984 гг. с ультраскороспелым сортом Северная 5 (детерминантный тип роста). Почва дерново-подзолистая среднесуглинистая, $pH_{\text{сол}}$ 6,2—6,4, содержание гумуса 2,1 %, легкогидролизуемого азота — 5 мг, подвижного P_2O_5 — 16, обменного K_2O — 16—19 мг на 100 г. В первом опыте изучали влияние инокуляции, штамм 646 (вариант И), и азотных удобрений на фоне инокуляции (И+N). В контроле семена не инокулировали. Норма азота (204 N) рассчитана на урожай семян 20 ц/га с учетом плодородия почвы и биологии культуры. Во втором опыте изучали влияние предпосевного протравливания семян (ТМТД, 3 кг на 1 т семян) на симбиотическую азотфиксацию и поступление азота в семена. Для закрепления пестицида на семенах в качестве прилипателя использовали пленкообразующий раствор органических соединений (вариант П — контроль). Инокуляцию семян проводили после протравливания (вариант П+И). На этом фоне изучали эффективность некорневых подкормок жидкими комплексными удобрениями (вариант П+И+ЖКУ). Состав и соотношение элементов питания в ЖКУ, а также дозы и сроки подкормок те же, что и в опытах с сортом Картули 7. В обоих опытах вносили борные удобрения (1 кг В на 1 га).

Агротехника в опытах обычная. Площадь учетной делянки 50 м², повторность 4-кратная, размещение вариантов рендомизированное.

Во всех опытах сразу после посева в почву вносили треплан (1,5 кг д.в. на 1 га) и немедленно его заделывали.

Результаты и обсуждение

Влияние почвенно-климатических условий, минеральных удобрений и пестицидов на поступление азота в семена сои, долю участия различных источников этого элемента в формировании семян оценивали по количеству азота в каждом органе и во всем растении по фазам развития от начала формирования генеративных органов до конца вегетации (табл. 1).

Накопление азота всем растением достигает максимума в фазу полного налива семян (когда все бобы выполнены, нижние листья начинают желтеть, но еще не опадают) как у ультраскороспелого сорта Северная 5, так и у среднеспелого Картули 7. Затем опадают листья, недоразвитые бобы, отмирают мелкие корни и общее количество азота в растении снижается.

В условиях более теплого климата при орошении сорт Картули 7 потребляет азота в 2 раза больше, чем сорт Северная 5 в условиях Московской области.

К фазе цветения у растений среднеспелого сорта вегетативная масса была наибольшей, содержание азота в них составляло 55 % от максимального потребления (у ультраскороспелого только 34 %). Увеличе-

Поступление азота в растения сои (кг/га) и распределение его по органам. 1982 г.

Поступление азота	Картули 7 (контроль с И)				Северная 5 (контроль без И)				
	цветение	налив семян	полный налив семян	полная спелость	бутонизация	цветение	налив семян	полный налив семян	полная спелость
В растение	121	202	221	168	18	36	77	104	76
В генеративные органы	0	87	159	160	0	0	12	50	67
В вегетативные органы	121	115	62	8	18	36	65	54	9
В т. ч.:									
в листья	67	83	34	0	14	23	45	36	0
в стебли	51	27	25	6	2	10	16	14	8
в корни	3	5	3	2	2	3	4	4	1

ние количества азота в вегетативных органах у сорта Северная 5 шло до фазы налива семян, а у Картули 7 оно прекращалось к фазе цветения. Наибольшее количество его сосредоточивалось в листьях, меньше — в стеблях и еще меньше — в корнях. К фазе полного налива семян данный показатель в вегетативных органах уменьшался, причем у сорта Картули 7 он снизился почти в 2 раза, а у ультраскороспелого сорта Северная 5 — только на 20 %. Причем уменьшение количества этого элемента в вегетативной массе происходило в основном за счет листьев. Так, у сорта Картули 7 за период налив семян — полный налив семян в листьях оно снизилось в 2,5 раза, а у Северной 5 — на 20 %. Потери азота стеблями и корнями за этот период были незначительными. Накопление азота генеративными органами шло почти до фазы полной спелости.

Расчет среднесуточной интенсивности поступления азота в генеративные органы показал, что у обоих сортотипов наибольшей она была в период от начала до полного налива семян, но у среднеспелого сорта в 4—5 раз выше, чем у ультраскороспелого (табл. 2). По-видимому,

Таблица 2

Интенсивность поступления азота в генеративные органы сои (кг/га-сут) по межфазным периодам 1982—1984 гг.

Вариант	Цветение — налив семян	Налив семян — полный налив семян	Полный налив семян — полная спелость
Картули 7			
Контроль (P+B+И)	1,8	8,1	0
N	1,8	9,1	0
ЖКУ	1,9	11,4	0
Северная 5			
Контроль (без И)	1,0	1,8	0,6
И	1,1	2,2	0,9
И+N	1,0	2,3	0,9
П	0,1	1,6	0,9
П+И	0,1	1,8	1,2
П+И+ЖКУ	0,1	1,9	1,2

это обусловлено большими запасами этого элемента в вегетативных органах и лучшим развитием симбиотического аппарата в данный период.

У сорта Северная 5 поступление азота в бобы продолжалось почти до полной спелости, а у Картули 7 оно прекращалось в фазу полного налива семян.

У сорта Северная 5 инокуляция семян активизировала поступление азота в бобы в течение всего генеративного периода (от цветения до полной спелости), азотные удобрения несколько улучшали обеспеченность семян азотом у обоих сортотипов. Обработка семян пестицидами в органической пленке перед посевом несколько снижала активность симбиоза и интенсивность поступления азота в генеративные органы. Некорневые подкормки ЖКУ, включающие минеральный азот, повышали интенсивность поступления его в бобы у обоих изучаемых сортов.

Поступление азота из различных источников в репродуктивные органы сои.
Вариант с инокуляцией 1982 г.

Показатель	Картули 7			Северная 5			
	цветение — налив семян	налив се- мян — полный налив семян	полный на- лив семян — полная сте- пень	бутониза- ция — цвете- ние	цветение — налив семян	налив се- мян — полный налив семян	полный на- лив семян — полная сте- пень
Межфазный пери- од, дней	38	14	23	14	19	14	42
Поступление азота в растение, кг/га	81	19	—53	18	41	27	—28
в т. ч.:							
в вегетативные органы	—6	—53	—54	18	29	—11	—45
из них:							
в листья	16	—49	—34	9	22	—9	—36
в стебли	—24	—2	—19	8	6	—2	—6
в корни	2	—2	—1	1	1	0	—3
в репродуктив- ные органы	87	72	1	0	12	38	17
в т. ч.:							
из вегетатив- ных	6	53	1	0	0	11	17
из почвы и воздуха	81	19	0	0	12	27	0
Интенсивность по- ступления азота в семена, кг/га·сут	2,3	5,1	0	0	0,6	2,7	0,4

На основании данных поступления азота в растения и распределе-
ния его по органам мы устанавливали, из каких источников и сколько
его поступало в формирующиеся семена. В табл. 3 приведен пример
такого расчета по варианту с инокуляцией, в котором созданы благо-
приятные условия для симбиотической азотфиксации.

Наибольшее количество азота в растения обоих сортотипов посту-
пало в период цветение — налив семян среднего яруса. У среднеспело-
го сорта продолжительность этого периода была вдвое больше, чем у
ультраскороспелого. Соответственно и азота поступило в растения
вдвое больше. Однако распределение поступившего в растение азота по
органам было неодинаковым. У сорта Картули 7 весь поступивший
азот (81 кг/га) пошел в бобы, кроме того, началось перераспределение
этого элемента между отдельными вегетативными органами. Стебли
потеряли азота 24 кг/га, количество его в листьях увеличилось на 16,
в корнях — на 2 кг/га, а в целом из вегетативных органов в репродук-
тивные поступило 6 кг/га. Всего в репродуктивных органах прибыль
азота за этот период составила 87 кг/га. У сорта Северная 5 за ука-
занный период в растение поступило азота 41 кг/га, в том числе в ре-
продуктивные органы — только 12 кг/га, или 28 %, остальные 29 кг/га
(72 %) обнаружены в вегетативных органах, причем 22 кг/га — в листь-
ях, 6 — в стеблях и 1 кг/га — в корнях.

В период от налива семян в среднем ярусе до полного налива се-
мян на всем растении у обоих сортотипов весь поступающий в растение
азот направлялся в генеративные органы. Кроме того, в это время про-
должалась интенсивная реутилизация этого элемента из вегетатив-
ных органов. Так, у сорта Картули 7 всего за этот период в бобы по-
ступило 72 кг/га, из них 53 кг/га, или 74 %, — из вегетативных органов,
в том числе 49 кг/га — из листьев. У сорта Северная 5 из вегетативных
органов в бобы поступило только 11 кг/га, или 30 % от общего посту-
пления в бобы за этот период.

Поступление азота из различных источников в формирующиеся семена сои.
Среднее за 1982—1984 гг.

Вариант	Всего, кг/га	Из почвы и воздуха		Из вегетативных органов							
				всего		листьев		стеблей		корней	
		кг/га	%	кг/га	%	кг/га	%	кг/га	%	кг/га	%
Картули 7											
Контроль (P+B+I)	139	94	68	45	32	31	22	10	7	4	3
N	157	106	68	51	32	27	17	21	13	4	2
ЖКУ	206	143	69	63	31	43	21	18	8	3	2
Северная 5											
Контроль (без I)	65	23	35	42	65	35	54	7	11	0	0
I	86	28	33	58	67	35	41	21	24	2	2
I+N	86	36	42	50	58	42	49	8	9	0	0
П	61	36	61	25	39	17	26	7	12	1	1
П+И	86	43	50	43	50	28	32	11	13	4	5
П+И+ЖКУ	83	42	51	41	49	27	33	10	12	3	4

Следовательно, для того чтобы получить более высокий урожай семян, необходимо создать оптимальные условия азотного питания для среднеспелого сорта Картули в период от цветения до середины налива семян, а для ультраскороспелого сорта Северная 5 — от цветения до полного налива семян.

В период от полного налива семян до полной спелости у сорта Картули 7 идет интенсивная потеря азота растениями за счет опадания листьев, поступление его в семена практически прекращается. Уменьшение количества азота в стеблях происходит за счет снижения его относительного содержания и уменьшения абсолютно сухой массы этих органов. У сорта Северная 5 в указанный период продолжается поступление азота в бобы из вегетативных органов, но большая часть азота теряется с опадом.

Расчет суммарного поступления азота из различных источников в формирующиеся семена по вариантам показал, что у сорта Картули 7 в контроле за счет реутилизации из вегетативных органов в семена поступает 32 % азота от общего накопления этого элемента семенами; в том числе 22 % — из листьев, 7 — из стеблей и 3 % — из корней (табл. 4). Две трети азота, поступающего в семена, приходится на азот почвы и симбиотически фиксированный. В условиях Алазанской долины у сои Картули 7 формировался активный симбиотический аппарат. Из воздуха было усвоено 91 кг азота на 1 га.

Применение минерального азота и особенно некорневые подкормки ЖКУ повышали накопление этого элемента в семенах, но практически не изменяли доли участия отдельных источников. Жидкие комплексные удобрения улучшали азотное питание растений, усиливали поступление азота в семена из листьев, а также из почвы и воздуха.

У сорта Северная 5 общий приток азота в семена был в 2—3 раза меньше, чем у сорта Картули 7. В вариантах с инокуляцией из вегетативных органов его поступило примерно столько же, сколько и в семена более позднеспелого сорта. Однако из-за слабого развития симбиотического аппарата в среднем за 3 года из воздуха было усвоено только 50 кг азота на 1 га. Поступление в семена азота воздуха, усвоенного в результате симбиоза, и азота почвы в период их формирования и налива у сорта Северная 5 оказалось в 2—3 раза меньше, чем у Картули 7. Доля участия вегетативных органов в снабжении семян азотом у сорта Северная 5 была значительно больше.

При инокуляции семян поступление азота в бобы у обоих сортов увеличивалось как за счет реутилизации из вегетативных органов,

так и за счет фиксации из воздуха в период налива семян. Азотные удобрения и некорневые подкормки ЖКУ практически не оказывали влияния на приток азота в семена ультраскороспелого сорта Северная 5.

Заключение

Наиболее интенсивное поступление азота в растения сои отмечается в период от цветения до полного налива семян. При этом большая часть азота направляется в генеративные органы. Чем лучше условия азотного питания в указанный период, тем больше накапливается азота в вегетативных органах и в семенах. В данный период происходит реутилизация азота генеративными органами из вегетативных. Количество реутилизированного азота зависит от его накопления в вегетативной массе к фазе цветения.

Среднеспелый сорт Картули 7 в условиях Алазанской долины Грузии накапливает азота в семенах в 2—3 раза больше, чем ультраскороспелый сорт Северная 5 в условиях Московской области.

У сорта Картули 7 две трети азота, поступающего в семена в период их формирования и налива, приходится на азот почвы и фиксированный азот, одна треть поступает из вегетативных органов, в том числе из листьев — 70 %, из стеблей — 22 и из корней — 8 %. Опрыскивания жидкими комплексными удобрениями увеличивают общий приток азота в семена, но не изменяют доли участия отдельных источников в снабжении этим элементом.

У сорта Северная 5 в условиях Московской области при инокуляции семян поступление азота в бобы возрастает, азотные удобрения и некорневые подкормки не изменяют этот показатель. Доля участия вегетативных органов и особенно листьев в обеспечении семян азотом у данного сорта значительно выше, чем у Картули 7. Предпосевная обработка семян пестицидами не оказывает влияния на симбиоз и поступление азота в семена.

ЛИТЕРАТУРА

1. Посыпанов Г. С. Роль отдельных органов растения и почвы в формировании семян люпина узколистного. — Изв. ТСХА, 1974, вып. 4, с. 29—33. — 2. Посыпанов Г. С., Русаков В. В. Формирование семян сои при питании симбиотическим и минеральным азотом. — Биологич. основы повышения продуктивности. с.-х. растений. М., ТСХА, 1974, с. 41—45.

Статья поступила 21 июня 1985 г.

SUMMARY

Experiments with middle-ripening soybean variety Kartuli 7 have been carried under conditions of Alazani valley, those with ultra-early-ripening variety Severnaya 5 — in the Moscow region. Influence of inoculation, treating the seeds with pesticides, nitrogen fertilization and foliar application of liquid complete fertilizers, type of variety and growing conditions on nitrogen uptake by the seeds in the generative period, participation of certain sources of nitrogen in supplying the seeds with this element has been studied.

Accumulation of nitrogen in the seeds depends on providing the plants with this element in the period from flowering till full seeds. Under favourable symbiotic conditions in the given period 2/3 of nitrogen requirements of the seeds are provided by nitrogen fixed from the air and assimilated from the soil, and 1/3 — by reutilization from vegetative parts, mainly leaves.

Under weakened symbiosis in Severnaya 5 variety the share of soil and air nitrogen in providing the seeds with this element is much lower.