

УДК 633.358:547.935

## СОДЕРЖАНИЕ АМИНОКИСЛОТ В СЕМЕНАХ ГОРОХА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСЛОВИЙ ВЫРАЩИВАНИЯ

Г. С. ПОСЫПАНОВ, Л. А. БУХАНОВА, Л. Д. КНЯЗЕВА

(Кафедра растениеводства)

Лимитирующим фактором в повышении продуктивности зернобобовых культур чаще всего является недостаток азота, особенно когда условия для симбиотической фиксации неблагоприятны. Многие исследователи как в нашей стране, так и за рубежом считают целесообразным в этом случае применение азотных удобрений [1, 2, 11]. Некоторые из них рекомендуют вносить повышенные дозы минерального азота [7, 13, 16]. Несмотря на то, что накоплен достаточно большой материал по биохимии зернобобовых культур, очень мало сведений о биохимическом составе семян гороха, выращенного в полевых условиях при высокой обеспеченности минеральным азотом.

Именно этому вопросу и посвящены наши исследования.

## Условия и методика

Опыт проводили на темно-серых лесных почвах Орловской области. Содержание гумуса по Тюрину в них составило 4,4—4,8%, рН<sub>с.о.л.</sub> 5,0—5,5. Обеспеченность подвижными формами фосфора по Кирсанову — 8—12, калия по Масловой — 5—7 мг на 100 г почвы. В качестве удобрений применяли гранулированный суперфосфат, хлористый калий и аммиачную селитру. Нормы удобрений рассчитаны по максимальному потреблению элементов питания горохом с учетом плодородия почвы и биологических особенностей культуры. Сорт гороха Уладовский 303. Повторность опытов 4-кратная, учетная площадь каждой делянки 50 м<sup>2</sup>.

В варианте РК (фон) созданы благоприятные условия для симбиотической азотфиксации. Почву известковали, вносили фосфорно-калийные удобрения и бор, последний из расчета 1 кг д. в. на 1 га; семена перед посевом обрабатывали молибденовокислым аммонием и соответствующими штаммами клубеньковых бактерий производства ВНИИСХ микробиологии. В этом варианте растения использовали азот почвы и фиксированный азот воздуха.

В варианте РКН азотные удобрения были внесены в расчете на полное обеспечение потребности гороха в азоте с учетом доступного азота почвы. Нормы N колебались по годам в зависимости от уровня

плодородия почвы от 254 до 317 кг/га. При высоких дозах азотных удобрений (7,5—9,3 ц аммиачной селитры на 1 га) клубеньки на корнях гороха практически не образовывались и растения использовали только минеральные формы азота.

Метеорологические условия в годы проведения опытов существенно различались. В 1971 г. вторая половина вегетационного периода, наиболее важная для формирования семян зернобобовых культур, была засушливой; в 1972 г. при общем большом дефиците влаги в период образования и налива бобов выпали дожди, и для гороха год оказался благоприятным. 1973 год был прохладным и влажным.

Агротехника в опытах общепринятая. Описание методов отбора и анализа растительных образцов, а также данные об относительном содержании белка в зерне приведены в ранее опубликованной работе [9].

Выделение препаратов суммарных белков и их кислотный гидролиз проводили по методике Б. П. Плешкова [8]. Повторность биохимических анализов каждого образца 2-кратная. Содержание аминокислот белка в гидролизатах и свободных аминокислот определяли на автоматическом анализаторе «Биотроник» (ФРГ) в агрохимической лаборатории кафедры растениеводства Тимирязевской академии.

## Результаты исследований

Аминокислотный состав белков гороха существенно изменялся в зависимости от условий выращивания (табл. 1), причем влияние погодных условий сказывалось сильнее, чем типа азотного питания. Во влажном и прохладном 1973 г. количество незаменимых аминокислот в белке в обоих вариантах было больше, чем в 1971 и 1972 гг. Особен-

Аминокислотный состав белка семян гороха (г. на 1 кг белка)

Аминокислота	1971		1972		1973		Среднее за 1971— 1973 гг.	
	РК	РКН	РК	РКН	РК	РКН	РК	РКН
Лизин	97,3	94,7	93,0	93,1	80,6	79,1	90,3	89,0
Гистидин	14,3	13,9	15,6	24,6	17,1	13,6	15,7	17,4
Аргинин	52,5	65,3	48,6	70,9	62,9	56,1	54,7	64,1
Метионин	1,4	3,5	3,3	4,0	1,5	1,4	2,1	3,0
Треонин	37,5	29,1	41,0	33,1	31,6	32,9	36,7	31,7
Валин	45,5	37,4	45,3	36,9	29,0	24,8	39,9	33,0
Фенилаланин	28,0	35,7	40,2	54,9	40,1	38,3	36,1	43,0
Лейцин	78,6	88,3	77,8	79,6	78,4	90,7	78,3	86,2
Изолейцин	40,0	31,5	39,0	41,8	30,9	37,3	36,6	36,9
Аспарагиновая	102,0	102,3	106,5	86,1	107,4	119,7	105,3	102,7
Серин	46,4	43,7	44,8	50,7	39,3	41,3	43,5	45,2
Глютаминовая	134,9	154,2	105,5	155,6	133,4	124,8	124,6	144,9
Пролин	172,2	163,9	183,4	120,3	172,8	180,9	176,1	155,0
Глицин	30,3	27,3	33,1	40,1	28,7	29,5	30,7	32,3
Аланин	33,8	27,3	36,1	44,8	29,9	28,8	33,3	33,6
Тирозин	19,4	17,7	24,3	22,0	16,3	17,8	20,0	19,2
Аммиак	65,9	64,2	62,3	41,3	99,0	83,0	75,7	62,8
Сумма незаменимых	395,1	399,4	403,8	438,9	372,1	374,2	390,4	404,3

но заметно снизилось содержание таких важных аминокислот, как лизин, серин, валин.

При высокой обеспеченности минеральным азотом содержание отдельных аминокислот в белке гороха изменилось незначительно. Лишь в 1972 г. в варианте РКН количество почти всех незаменимых кислот, за исключением треонина и валина, было больше (в сумме на 35 г/кг), чем в варианте РК, по содержанию лизина варианты не различались.

Вне зависимости от метеорологических условий высокие дозы азотных удобрений приводили к снижению содержания валина на 15—19 % и к небольшому увеличению содержания лейцина — на 2—16 %. На другие аминокислоты изучаемые факторы действовали комплексно, и содержание их в различных условиях изменялось по-разному. Так, количество аргинина, фенилаланина, глютаминовой кислоты в теплые 1971 и 1972 гг. при высоких дозах азота возрастало, а в холодный 1973 г. уменьшалось.

Полноценность и усвояемость растительного белка зависит от содержания в первую очередь наиболее дефицитных незаменимых аминокислот — лизина, метионина и треонина [3, 4]. Как видно из табл. 1, в белках семян содержалось значительное количество лизина, а меньше всего было метионина, по-видимому, из-за значительного разрушения его в процессе гидролиза [4].

Белок гороха в основном (на 56—63 %) состоит из заменимых аминокислот, из которых на дикарбоновые кислоты приходится 21—26, на пролин — 12—18 %. Содержание аспарагиновой кислоты, служащей посредником в биосинтезе лизина [17, 18], во все годы опытов в обоих вариантах было достаточно высоким, что и обеспечило высокое содержание лизина.

При оценке качества продуктов необходимо учитывать всю сумму аминокислот, в том числе свободных, хотя и содержатся они в значительно меньшем количестве. Свободные аминокислоты обуславливают не только биологическую ценность продуктов растительного происхождения, но и их вкусовые качества, запахи.

В наших опытах содержание свободных аминокислот изменялось в больших пределах в зависимости от погоды и условий азотного пи-

Содержание свободных аминокислот в семенах гороха  
(мг на 100 г абсолютно сухого вещества)

Группа аминокислот	1971		1972		1973		Среднее за 1971— 1973 гг.	
	PK	PKN	PK	PKN	PK	PKN	PK	PKN
Нейтральные	49	52	33	35	110	123	64	70
Основные	97	171	44	60	114	146	85	126
Кислые	170	311	146	115	490	477	269	301
Ароматические	8	10	4	4	33	36	15	17
Гетероциклические	28	27	16	12	85	81	43	40
Прочие	213	208	176	135	267	315	219	219
Сумма	565	779	419	361	1099	1178	695	773

тания (табл. 2). Так, во влажном 1973 г. их сумма была в 1,5—2 раза больше, чем в 1971 г., и в 2,6—3,3 раза больше, чем в наиболее благоприятном 1972 г. Самое сильное влияние метеорологические условия оказали на содержание ароматических и гетероциклических аминокислот, количество которых в прохладном и влажном 1973 г. увеличилось в 3—9 раз.

Тип азотного питания в различные по метеорологическим условиям годы оказывал неодинаковое влияние на содержание групп свободных аминокислот. Содержание основных кислот во все годы опытов при внесении азотных удобрений повышалось на 28—76 %, нейтральных — на 6—12 %, количество кислых аминокислот увеличилось только в засушливом 1971 г. на 83 %, а в благоприятный и холодный годы уменьшилось на 3—21 %. Содержание ароматических и гетероциклических аминокислот практически не зависело от типа азотного питания во все годы опытов.

Отмечены определенные колебания и в концентрации отдельных аминокислот по годам опытов (табл. 3). Во влажном 1973 г. содержание почти всех аминокислот было повышенным. Исключение составили дикарбоновые кислоты, количество которых увеличилось в засушливом году. Последним принадлежит основная роль в реакциях переаминирования [10]. Внесение азотных удобрений способствовало увеличению накопления аспарагиновой и глютаминовой кислот в менее благоприятные 1971 и 1973 гг. соответственно на 57—27 и 16—64 %. Необходимо отметить, что в условиях повышенной влажности влияние азотных удобрений проявилось заметнее: возрастало количество валина, лейцина, аланина и лизина. Содержание аргинина при внесении азота увеличивалось в любых метеорологических условиях в среднем на 50 %, а содержание пролина, наоборот, уменьшалось.

К причинам незакономерности колебаний содержания аминокислот в зависимости от условий выращивания, возможно, относится наличие метаболического антагонизма между отдельными аминокислотами. Так, антагонистом лизина является  $\alpha$ -аминоадипиновая кислота [15]. Антагонизм проявляется также между метионином и глицином, треонином и триптофаном, метионином и аргинином, тирозином и треонином [12].

Аминокислоты со сходной структурой и их аналоги, имея одну и ту же транспортную систему, могут мешать друг другу при прохождении через клеточные мембраны, что ведет к нарушению пропорций аминокислотного состава «фонда», поставляющего материал для синтеза белка [5].

В наших опытах сумма свободных незаменимых аминокислот в благоприятном 1972 г. была в 2—2,6 раза меньше, чем в засушливом

Влияние метеорологических условий и азотных удобрений на содержание свободных аминокислот в семенах гороха (мг на 100 г абсолютно сухого вещества)

Аминокислота	1971		1972		1973		Среднее за 1971—1973 гг.	
	PK	PKN	PK	PKN	PK	PKN	PK	PKN
<b>Алифатические</b>								
Моноаминокарбоновые (нейтральные)								
Метионин	0,9	1,0	2,1	2,2	4,2	5,0	2,4	2,7
Треонин	4,6	5,8	0,9	1,0	10,9	12,1	5,5	6,3
Валин	4,5	4,5	3,1	4,0	15,3	18,8	7,6	9,1
Лейцин	1,9	1,9	2,1	2,1	10,0	13,7	4,7	5,9
Изолейцин	1,1	1,1	0,5	0,5	0,4	0,8	0,7	0,8
Серин	1,3	1,5	0,7	0,8	4,3	5,3	2,1	2,5
Глицин	10,8	12,1	5,4	6,9	14,4	15,8	10,2	11,6
Аланин	5,4	6,2	4,3	4,4	20,4	24,7	10,0	11,8
$\alpha$ -аминоасляная	0,2	0,2	0,2	0,2	1,4	2,4	0,6	0,9
$\gamma$ -аминоасляная	18,2	18,0	14,0	12,6	28,6	24,3	20,3	18,3
Диаминомонокарбоновые (основные)								
Лизин	6,8	8,6	4,3	5,8	18,3	22,8	9,8	12,4
Аргинин	89,1	160,8	39,1	54,2	94,6	121,0	74,3	112,0
Орнитин	0,8	1,3	0,4	0,4	1,3	2,4	0,8	1,4
Моноаминодикарбоновые (кислые)								
Аспарагиновая	46,1	72,2	41,3	33,2	40,0	46,3	42,5	50,6
Аспарагин	62,3	152,1	52,8	37,4	417,5	401,7	177,5	197,1
Глютаминовая	49,8	63,1	45,3	35,7	7,2	11,8	34,1	36,9
$\alpha$ -аминоадипиновая	11,4	23,4	7,0	8,5	25,8	17,1	14,7	16,3
<b>Ароматические</b>								
Фенилаланин	3,3	5,1	2,1	2,5	11,2	12,7	5,5	6,8
Тирозин	4,6	4,5	1,4	1,3	21,9	23,6	9,3	9,8
<b>Гетероциклические</b>								
Гистидин	0,3	0,3	0,2	0,1	1,6	1,5	0,7	0,6
Пролин	27,8	26,6	15,8	12,1	83,8	79,9	42,5	39,5
<b>Прочие</b>								
$\beta$ -аминоизомасляная	1,9	2,6	2,5	1,5	6,8	8,3	3,7	4,1
Сумма	353,1	572,9	245,5	227,4	839,9	872,0	479,5	557,4
в т. ч. незаменимых	112,5	189,1	54,4	72,4	166,5	208,4	111,2	156,6
<b>NH<sub>3</sub></b>								
	210,7	205,0	173,7	133,0	260,5	306,7	215,0	214,9

1971 г., и в 2,8—3 раза меньше, чем в холодном и влажном 1973 г. При этом в случае минерального типа азотного питания она оказалась более высокой, чем в случае симбиотрофного, соответственно по годам на 68, 33 и 25 %. На незаменимые аминокислоты в сумме свободных аминокислот приходилось 19—32 %.

Содержание незаменимых аминокислот в расчете на единицу массы семян было более высоким в варианте с внесением азотных удобрений — 112,6—130 г/кг (табл. 4). В этом варианте содержалось больше лизина и лейцина. Но сумма лимитирующих аминокислот (метионин, валин, лизин) практически не изменялась по годам и вариантам. Следует отметить, что белки семян важнейших бобовых культур считаются несбалансированными по трем перечисленным аминокислотам [6].

Содержание незаменимых аминокислот в семенах гороха  
(г на 1 кг абсолютно сухих семян)

Аминокислоты	1971		1972		1973		Среднее за 1971— 1973 гг.	
	PK	PKN	PK	PKN	PK	PKN	PK	PKN
Лизин	24,2	26,4	26,6	27,6	23,3	24,0	24,7	26,0
Гистидин	3,5	3,9	4,5	7,3	4,9	4,1	4,3	5,1
Аргинин	13,9	19,7	14,3	21,5	19,0	18,1	15,7	19,7
Метионин	0,4	1,0	1,0	1,2	0,5	0,5	0,6	0,9
Треонин	9,3	8,1	11,7	9,8	9,2	10,7	10,0	9,5
Валин	11,3	10,4	13,0	10,9	8,5	7,7	10,9	9,8
Фенилаланин	7,0	9,9	11,5	16,3	11,6	11,7	10,0	12,6
Лейцин	19,5	24,5	22,3	23,5	22,9	27,4	21,5	25,1
Изолейцин	9,9	8,7	11,1	12,4	8,9	11,2	9,9	10,7
Сумма	99,0	112,6	116,0	130,5	108,8	115,4	107,6	119,4
в т. ч. лимитиру- ющих (лизин, валин, метионин)	35,9	37,8	40,6	39,7	32,3	32,2	36,2	36,5

В силу ряда причин и в первую очередь из-за неблагоприятных метеорологических условий урожай семян гороха был невысоким, особенно в 1971 и 1973 гг., причем разница по вариантам находилась в пределах наименьшей существенной разности (табл. 5). Однако в связи с тем, что содержание незаменимых аминокислот в 1 кг семян в варианте с азотными удобрениями было выше, чем в контроле, валовой сбор незаменимых аминокислот также был больше (на 12—31%). Сбор лизина возрос лишь на 10—19%, а сбор валина был практически одинаковым в обоих вариантах.

Таблица 5

Сбор незаменимых аминокислот (кг/га) с урожаем семян гороха

Аминокислота	1971		1972		1973		В среднем	
	PK	PKN	PK	PKN	PK	PKN	PK	PKN
Лизин	29	32	42	50	29	32	33	38
Фенилаланин	8	12	18	30	15	15	14	19
Лейцины	35	41	52	65	40	51	42	52
Валин	14	13	20	20	11	10	15	14
Всего незаменимых	118	137	182	238	136	152	145	176
Урожайность, ц/га	13,8	14,2	18,3	21,6	14,5	15,4	15,5	17,1
НСР <sub>05</sub>		2,7		2,6		1,8		

Итак, при высокой обеспеченности минеральным азотом содержание и сбор с 1 га незаменимых, а также свободных аминокислот были несколько больше, чем при симбиотрофном питании азотом.

Аминокислотный состав белка семян гороха существенно изменялся в зависимости от метеорологических условий года. При благоприятных условиях накапливалось больше незаменимых аминокислот, чем в теплый засушливый и холодный влажный годы. Содержание свободных аминокислот было выше в неблагоприятные годы, особенно в холодный. Накопление отдельных аминокислот и целых групп аминокислот происходило по-разному в различных метеорологических условиях.

Таким образом, при питании минеральным азотом биохимический состав семян гороха бывает не хуже, чем при использовании симбиотически фиксированного азота.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гнетиева Л. Н., Летуновский В. И. Дозы и соотношение минеральных удобрений под фасоль. — Науч. тр. ВНИИЗБК, 1968, т. 2, с. 109—117. —
2. Гукова М. М. Азотные удобрения усиливают азотфиксацию. — Зерновое хозяйство, 1972, № 10, с. 33—35. —
3. Дмитроченко А. П. Оценка питательности растительных белков и протеннов. — В сб.: Растительные белки и их использование в кормлении с.-х. животных. Л.: Колос, 1964, с. 168—179. —
4. Егоров А. Д. Витамин С и каротин в растительности Якутии. М.: Академиздат, 1954. —
5. Кальницкий Б. Д., Григорьев Н. Г. О доступности аминокислот и обеспечении ими животных. — Сельск. хоз-во за рубежом, 1976, № 12, с. 33—36. —
6. Ленарский И. И., Пайер Е. Г. Биологическая ценность белков зернобобовых с точки зрения аминокислотного состава. — В сб.: Биохимия зерна и хлебопечения, № 7, 1964, М.: Наука, с. 209—215. —
7. Образцов А. С. Влияние азотно-фосфорного питания на развитие и продуктивность однолетних бобовых растений. — Агрохимия, № 6, 1971, с. 15—20. —
8. Плешков Б. П. Практикум по биохимии растений. М.: Колос, 1968. —
9. Посыпанов Г. С., Буханова Л. А., Князева Л. Д., Русаков В. В. Фракционный состав белка семян фасоли, гороха и сои в зависимости от условий выращивания. — Изв. ТСХА, 1977, вып. 4, с. 84—91. —
10. Прянишников Д. Н. Азот в жизни растений и в земледелии СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1945. —
11. Седов А. И. Биологические особенности и приемы возделывания фасоли в полевой культуре в условиях Саратовской области. — Автореф. канд. дис. Саратов, 1967. —
12. Allen N., Baker D. — Poultry Sci., 1972, vol. 51, N 4, p. 1292—1298. —
13. Bhangoo M., Albritton D. — Agron J., 1976, vol. 68, p. 642—644. —
14. Kang B.—Exper. Agr., 1975, vol 11, N 1, p. 23—31. —
15. Neul K. e. a. — J. Nutr., 1972, vol. 102, N 2, p. 171—180. —
16. Pomeranz Y. e.a. J. Agr. Food Chem., 1973, vol. 21, N 2, p. 218—225. —
17. Vogel H. — Evolving genes and proteins, 1965, p. 131—137.

*Статья поступила 28 января 1980 г.*

## SUMMARY

Variation in amino acid composition of pea seed with the level of mineral nitrogen and meteorological conditions of the growing period was being studied in field trials on gray forest soils for 3 years.

When mineral nitrogen was supplied at high rate (254—317 kg/ha), somewhat more irreplaceable amino acids and more free amino acids were accumulated in seeds than in versions without nitrogenous fertilizers.

Under arid conditions and in cold and humid weather the amount of irreplaceable amino acids in protein was lower and that of free amino acids was higher than under favourable conditions.

The type of nitrogenous nutrition did not produce great effect on biochemical composition of pea seed.