

## ВЛИЯНИЕ ПРЕПАРАТОВ КЛУБЕНЬКОВЫХ БАКТЕРИЙ И СИНТЕТИЧЕСКОГО РЕГУЛЯТОРА РОСТА МЕЛАФЕН НА УРОЖАЙНОСТЬ ФАСОЛИ И ЕГО СТРУКТУРНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Г.П. ГУРЬЕВ, кандидат биологических наук

ФГБНУ «ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР»

E-mail: office@vniizbk.orel.ru

*В статье представлены результаты исследований в полевом опыте 2017-2019 гг. Получены положительные результаты от применения препаратов клубеньковых бактерий (КБ) штаммов 653, 26-34, 700. Прибавки урожая от инокуляции семян составили на сорте Стрела 0,30-0,34 т/га, на линии 05-82 – 0,24-0,33 т/га, на сорте Самарянка – 0,32-0,50 т/га. Применение синтетического регулятора роста Мелафен, стимулировало образование клубеньков на корнях фасоли и увеличило урожай зерна на сорте Стрела на 0,45 т/га, на сорте Самарянка – на 0,22 т/га, на линии 05-82 – на 0,31 т/га. В нашем опыте действие препаратов КБ и Мелафена сопоставимо с действием минерального азота в дозе 60 кг/га в действующем веществе. В вариантах с использованием минерального азота прибавки урожая зерна составили 17-27%. Структурный анализ снопового материала показал, что увеличение урожая зерна фасоли произошло за счёт формирования большего количества бобов и соответственно семян (линия 05-82), или за счёт укрупнения семян (сорта Стрела и Самарянка).*

**Ключевые слова:** фасоль, клубеньковые бактерии, Мелафен, минеральный азот, структурный анализ.

Фасоль (*phaseolus vulgaris*) важная продовольственная культура, играющая заметную роль в питании человека прежде всего благодаря высокому содержанию белка, которое в среднем колеблется в пределах 20...30%, а у некоторых сортов доходит до 40%. Белок фасоли по своему качеству близок к белкам мяса и усваивается организмом человека почти на 90%. Содержание жира может быть 1,8...2,0%, а углеводов около 60% [1]. В России площадь посевов находится в пределах 4,0 тыс. га (главным образом в личных подворьях), а общая площадь посевов фасоли в мире около 30 млн га [2]. Одной из основных биологических особенностей фасоли, как и других представителей семейства Leguminosae, является её способность в симбиозе с клубеньковыми бактериями (род *Rhizobium*) ассимилировать атмосферный азот [3]. При наличии благоприятных условий фасоль может фиксировать азот атмосферы до 70-80 кг/га. При отсутствии клубеньковых бактерий в почве, что возможно в случае если фасоль ранее не возделывалась на данных полях, инокуляция, иначе предпосевная обработка семян препаратами клубеньковых бактерий, является приёмом весьма желательным. Кроме того при искусственном заражении семян КБ мы можем использовать штаммы бактерий более конкурентоспособные и эффективные при этом комплементарные определённому сорту. Достаточно много исследований свидетельствуют о положительном влиянии инокуляции на урожай фасоли. В тоже время имеются данные об отсутствии положительного эффекта от инокуляции, о чём мы писали в предыдущей работе [4]. Противоречивость результатов может быть обусловлена отсутствием благоприятных условий, необходимых для процесса симбиотической азотфиксации. Они многочисленны и не всегда подконтрольны человеку. К примеру, трудно противостоять быстро меняющемуся климату, но контролировать такие факторы, оптимизирующие процессы симбиотической азотфиксации, как кислотность почвы, наличие в ней минеральных и органических веществ, вполне

возможно и нужно. Правильный выбор предшественника, известкование почвы являются одними из основных условий успешных взаимоотношений макро-и микросмбионтов. При этом достаточно важным является правильный подбор обоих участников симбиотических взаимоотношений друг другу (комплементарность), чему и посвящены в значительной степени наши исследования.

Другим важным вопросом в усилении симбиотических взаимоотношений является стимулирование уже имеющихся в почве диких (спонтанных) штаммов клубеньковых бактерий в ризосфере и ризоплане растений. Многочисленные исследования о роли природных стимуляторов роста, к примеру, индолилуксусной кислоты (ИУК) были описаны в классической монографии Е.Н. Мишустина и В.К. Шильниковой [5]. Исследования по применению синтетических регуляторов роста говорят о возможном успешном применении данных препаратов для усиления процесса симбиоза, хотя механизмы этого мало изучены и могут быть разными [6,7]. Нами был принят в испытание синтетический регулятор роста Мелафен [8], применяемый в сверхнизких концентрациях ( $1 \cdot 10^{-7}$ - $1 \cdot 10^{-9}$ ) и имеющий довольно низкую стоимость (5 мл. концентрата или 100 руб./га). Мелафен является синтетическим регулятором роста нового поколения, представляющий собой меламинавую соль бис (оксиметил) фосфиновой кислоты. Мелафен обеспечивает увеличение урожайности от 15 до 60% разных сельскохозяйственных культур. На зернобобовых и крупяных культурах препарат не испытывался.

Основной задачей наших исследований явилось изучение симбиотической азотфиксации на фасоли и влияния на этот процесс факторов, включающих искусственное заражение семян клубеньковыми бактериями в сравнении со спонтанным заражением, а также возможным влиянием на этот процесс синтетического регулятора роста Мелафен.

#### **Материалы и методы исследований**

Научные исследования выполнены в 2017-2019 гг. на базе лаборатории генетики и биотехнологии ФНИЦ ЗБК с использованием Методики полевого опыта (Доспехов, 1985). Почва опытного участка тёмно-серая лесная, тяжелосуглинистая со следующими агрохимическими характеристиками:  $P_2O_5$  – 14,0-14,5 мг/100 г почвы (содержание повышенное),  $K_2O$  – 12,1-12,3 мг/100 г почвы (содержание повышенное), гумус – 5,4% (содержание среднее), рНсол. – 5,4-5,6 (ср. кислая). Предшественник чёрный пар. Посев, при норме 400 (в 2019 г. – 350) тысяч всхожих семян проводили сеялкой СКС-6-10 широкорядным способом. Учетная площадь делянки составила 7,2 м<sup>2</sup>. Повторность каждого варианта четырёхкратная. Расположение вариантов – систематическое. В качестве тест-культуры использовали фасоль сортов Самарянка, Стрела и линия 05-82. Обработку семян штаммами клубеньковых бактерий 653, 26-34, 700 и Мелафеном в концентрации  $1 \cdot 10^{-8}$  проводили в день посева, избегая прямых солнечных лучей. Минеральный азот  $N_{60}$  в виде мочевины  $[CO(NH_2)_2]$  вносили по делянкам непосредственно перед посевом. Во время вегетации растений проводили фенологические наблюдения, проведена ручная прополка делянок и дважды механизированная междурядная обработка. По фенологическим фазам проводили отбор растительных проб с целью учёта количества и массы клубеньков. Уборку делянок провели комбайном Сампо130 прямым способом. Урожайные данные обрабатывали математическим методом дисперсионного анализа.

#### **Результаты исследований**

Климатические условия 2017-2019 гг. в течение вегетационных периодов в целом соответствовали нормальному росту и развитию фасоли.

Однако следует отметить, что достаточное количество осадков наблюдалось лишь в начале июля. Ещё более тревожным фактором явилась динамика повышения температур воздуха. Так средне июньская температура в 2017 г. отмечена  $15,8^{\circ}$ , в 2018 г. –  $18^{\circ}$ , в 2019 г. –  $20,7^{\circ}C$ .

При сравнении динамики возрастания температур по годам, совпадающих с критическим периодом развития растений, а именно цветения, можно отметить зависимость урожая от температуры воздуха (табл. 1).

Таблица 1

**Урожайность зерна фасоли и масса клубеньков**

Вариант	2017		2018		2019		Среднее за 3года			
	Урожайность, т/га	Масса клубеньков, мг/раст	Урожайность, т/га	Масса клубеньков, мг/раст.	Урожайность, т/га	Масса клубеньков, мг/раст.	Урожайность, т/га	Прибавка урожая		Масса клубеньков, мг/раст.
								т/га	%	
<b>Стрела</b>										
Контроль	2,83	7	1,62	0	1,02	12	1,82	-	-	6
N <sub>60</sub>	3,07	0	2,30	30	1,51	23	2,29	0,47	26	18
Штамм 653	2,99	165	1,88	210	1,61	59	2,16	0,34	19	145
Штамм 26-34	2,92	71	1,94	346	1,49	47	2,12	0,30	17	155
Штамм 700	-	-	2,27	130	1,62	89	-	-	-	-
Мелафен	2,95	140	2,29	66	1,57	130	2,27	0,45	25	112
НСР <sub>05</sub>	0,28		0,18		0,11			0,6		14
<b>Линия 05-82</b>										
Контроль	2,70	6	2,07	37	0,78	36	1,85	-		26
N <sub>60</sub>	2,96	0	2,58	8	0,94	37	2,16	0,31	17	15
Штамм 653	3,14	117	2,18	170	1,22	54	2,18	0,33	18	114
Штамм 26-34	2,95	276	2,24	243	1,08	79	2,09	0,24	13	199
Штамм 700	-	-	2,29	271	1,03	81	-	-	-	-
Мелафен	3,19	192	2,44	116	1,00	173	2,21	0,36	19	160
НСР <sub>05</sub>	0,22		0,18		0,11			0,6		64
<b>Самарянка</b>										
Контроль	1,07	60	0,94	0	0,38	0	0,80	--		20
N <sub>60</sub>	1,44	0	1,10	0	0,51	0	1,02	0,22	27	0
Штамм 653	1,57	280	1,56	230	0,78	51	1,30	0,50	63	187
Штамм 26-34	1,47	212	1,38	169	0,50	47	1,12	0,32	40	142
Штамм 700	-	-	1,25	218	0,49	17	-	-	-	-
Мелафен	1,19	66	1,25	185	0,48	27	0,97	0,17	21	93
НСР <sub>05</sub>	0,16		0,18		0,11			0,6		64

Подобная зависимость от высокой температуры, сопровождаемая атмосферной засухой, вполне объяснима, если подобные явления совпадают с критическим периодом развития растений, что у большинства растений приходится на цветение и сопровождается стерилизацией пыльцы и, как следствие, снижением урожая.

В таблице 1 приведены усредненные данные за 2017-2019 гг. не только по урожаю, но и по одному из основных показателей симбиотической азотфиксации – массе клубеньков. Как следует из таблицы, инокуляция семян фасоли препаратами клубеньковых бактерий увеличивала массу клубеньков всеми испытанными штаммами (штамм 700 в 2017 г. не испытывали) и урожай зерна фасоли. Прибавки урожая составили, в среднем за 3 года, на сорте Стрела 0,30-0,47 т/га (17-26%), на линии 05-82 0,24-0,31 т/га (13-18%), на сорте Самарянка 0,22-0,50 т/га (27-63%), что сопоставимо с применением минерального азота в дозе 60 кг/га д. в. в вариантах, с которым прибавки составили на сорте Стрела 0,47 т/га (26%), на линии 05-82 0,31т/га (17%), на сорте Самарянка 0,22 т/га (27%). Спонтанная инокуляция в контрольных вариантах, включая варианты с азотом, также имела место, хотя крайне незначительное, или отсутствовала вовсе.

Отдельную положительную роль сыграл синтетический регулятор роста Мелафен. Прибавки урожая зерна от применения Мелафена составили на сорте Стрела 0,45 т/га (25%), на линии 05-82 – 0,36 т/га (19%), на сорте Самарянка – 0,17 т/га (21%). При этом отмечен, хотя и менее выраженный, но стимулирующий эффект Мелафена на нодуляцию.

Таким образом, все испытанные препараты клубеньковых бактерий и синтетический регулятор роста Мелафен оказали положительное действие на урожай зерна фасоли и с успехом заменили применение минерального азота в дозе 60 кг/га.

Структурный анализ снопового материала (табл.2) показал, что во всех вариантах опыта увеличение урожая произошло за счёт крупности семян (масса 1000 семян) на сортах Стрела и Самарянка, а также за счёт формирования большего количества бобов (линия 05-82) и, соответственно, большего количества семян.

Таблица 2

**Структурный анализ урожая (среднее за 2018-2019 гг.)**

Вариант	Масса 1 раст., г	Высота прикреп. нижнего боба, см	Число стеблей шт/раст.	Число бобов шт/раст.	Число семян шт/раст.	Число семян шт/боб	Масса семян г/раст.	Масса 1000 семян г.
<b>Стрела</b>								
Контроль	15,9	12,8	3,0	10,4	34,4	3,4	9,8	280
N <sub>60</sub>	20,2	13,5	3,2	13,6	38,4	3,4	11,3	299
Штамм 653	19,4	12,5	3,2	12,8	37,8	3,5	11,0	292
Штамм 26-34	20,0	13,2	3,0	13,1	40,5	3,5	12,5	302
Штамм 700	16,6	14,6	3,3	10,8	36,3	3,4	10,6	293
Мелафен	20,9	15,0	3,4	12,9	41,1	3,2	12,2	295
<b>Линия 05-82</b>								
Контроль	14,0	12,3	4,1	11,2	27,4	2,5	8,3	303
N <sub>60</sub>	20,2	12,4	4,7	16,6	35,9	2,5	10,9	302
Штамм 653	14,9	11,8	4,7	11,8	30,1	2,7	8,7	289
Штамм 26-34	17,5	13,5	4,2	14,3	34,2	2,6	10,4	317
Штамм 700	19,7	12,2	5,2	16,9	42,6	2,6	10,7	284
Мелафен	20,8	12,9	4,8	17,3	41,5	2,6	12,1	312
<b>Самарянка</b>								
Контроль	19,6	11,8	4,4	7,4	19,7	2,7	12,5	594
N <sub>60</sub>	19,4	11,5	4,7	7,8	21,3	2,7	14,2	676
Штамм 653	18,4	11,1	4,4	7,8	20,4	2,7	13,3	651
Штамм 26-34	22,2	10,9	4,4	8,4	21,4	2,7	14,2	663
Штамм 700	22,4	12,3	4,6	7,7	19,6	2,7	13,6	694
Мелафен	20,4	11,9	4,9	7,9	20,7	2,7	12,6	618

Общая масса растений (в таблице она представлена массой одного растения) находилась в прямой зависимости от урожая зерна. Зависимости между обработками семян разными препаратами и высотой прикрепления нижнего боба, количеством стеблей, количеством семян в бобе не установлено.

**Заключение**

В результате проведённых исследований в полевом опыте 2017-2019 гг. получены положительные результаты от применения штаммов клубеньковых бактерий 653, 26-34, 700 на сортах фасоли Стрела, Самарянка и линии 05-82.

В среднем за 3 года на сорте Стрела получены прибавки урожая от применения штаммов клубеньковых бактерий на 17-19%, на линии 05-82 – на 13-18%, на сорте Самарянка – на 40-63%.

Применение синтетического регулятора роста Мелафена также, хотя и в меньшей степени, чем препараты КБ, стимулировало образование клубеньков и увеличило урожай

фасоли в среднем за 3 года на сорте Стрела на 25%, на линии 05-82 – на 17%, на сорте Самарянка – на 27%.

Увеличение урожая зерна фасоли от применения препаратов клубеньковых бактерий и Мелафена можно сопоставить с применением минерального азота в дозе N<sub>60</sub> по действующему веществу и произошло за счёт таких элементов его структуры как крупность (масса 1000 семян) на сортах Стрела и Самарянка и количества сформированных бобов, как на линии 05-82.

### Литература

1. Павловская Н.Е., Гагарина И.Н., Мирошникова М.П. // Биохимия фасоли. Орел. Изд-во ОрелГАУ. – 2008. – 108 с.
2. Зотиков В.И., Наумкина Т.С., Грядунова Н.В., Сидоренко В.С., Наумкин Н.В. Зернобобовые культуры важный фактор устойчивого экологически ориентированного сельского хозяйства. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2016. – № 1 (17). – С. 6-16.
3. Наумкина Т.С., Суворова Г.Н., Васильчиков А.Г., Мирошникова М.П., Барбашов М.В., Донская М.В., Донской М.М., Громова Т.А., Наумкин В.В. Создание высокоэффективных растительно-микробных систем фасоли. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2012. – № 2. – С. 21-26.
4. Гурьев Г.П., Васильчиков А.Г. Эффективность инокуляции семян фасоли препаратами клубеньковых бактерий и синтетическим регулятором роста Мелафен. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2018. – № 4 (28) – С.33-38.
5. Мишустин Е.Н., Шильникова В.К. Биологическая фиксация атмосферного азота. Москва. – 1968. – 60 с.
6. Волобуева О.Г., Шильникова В.К., Гурьев Г.П. Использование синтетических регуляторов роста для обработки семян гороха. // Тезисы докладов 2 Всесоюзной конференции: «Биологический азот». Калуга. – 1991.- С.25.
7. Шильникова В.К., Волобуева О.Г., Гурьев Г.П. Симбиотическая активность и урожайность растений гороха под влиянием синтетических регуляторов роста. // Тезисы докладов 4 Всесоюзной конференции «Микроорганизмы в сельском хозяйстве». – Пушкино. – 1992. – С.139-140.
8. Фаттахов С.Г. и др. Мелафен – перспективный препарат для сельского хозяйства. Механизмы действия и область применения. – Казань. – 2014. – 408 с.

## THE EFFECT OF NODULE BACTERIA AND THE SYNTHETIC GROWTH REGULATOR MELAFEN ON THE YIELD OF BEANS AND ITS STRUCTURAL ELEMENTS

G.P. Guriev

FSBSI «FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS»

**Abstract:** The article presents the results of studies in the field experiment 2017-2019. Positive results were obtained from the use of preparations of nodule bacteria (NB) strains 653, 26-34, 700. The yield increase from seed inoculation amounted to *Strela* variety 0,30-0,34 t/ha, to line 05-82 0,24-0,33 t/h, to *Samaryanka* variety 0,32-0,50 t/ha. The use of the synthetic growth regulator *Melafen* stimulated the formation of nodules on the roots of beans and increased the yield of grain on the variety *Strela* on 0,45 t/ha, on the variety – on 0,22 t/ha, on line 05-82 – on 0,31 t/ha. In our experience, the effect of NB and *Melafen* preparations is comparable to the action of mineral nitrogen at a dose of 60 kg/ha in the active substance. In variants using nitrogen, grain yield increases amounted to 17-27%. Structural analysis of the sheaf material showed that an increase in the yield of beans was due to the formation of a larger number of beans and seeds, respectively (line 05-82), or due to the enlargement of seeds (varieties *Strela* and *Samaryanka*).

**Keywords:** beans, nodule bacteria, *Melafen*, mineral nitrogen, structural analysis.