

УДК 633.35:631.461.5:577.175.1

## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИНОКУЛЯЦИИ СЕМЯН ГОРОХА ПРИ ОБРАБОТКЕ РАСТЕНИЙ СИНТЕТИЧЕСКИМИ РЕГУЛЯТОРАМИ РОСТА**

**В. К. ШИЛЬНИКОВА, О. Г. ВОЛОБУЕВА, Г. П. ГУРЬЕВ**

(Кафедра микробиологии)

В лабораторных условиях изучали влияние регуляторов роста (кампозана, тебепаса, хлорхолинхлорида, оксикарбама, ПАБК) на клубеньковые бактерии гороха (штамм 250<sup>a</sup>) и его симбиотическую активность. Обработка семян гороха и опрыскивание посевов кампозаном и тебепасом отрицательно влияли на эффективность симбиоза (снижались активность нитрогеназы и урожайность растений). Симбиотическая активность гороха (сорт Норд) значительно возрастала при обработке семян ПАБК и оксикарбамом.

Практическое использование симбиотической азотфиксации в настоящее время осуществляется путем бактеризации бобовых культур соответствующими препаратами высокоэффективных и конкурентоспособных клеток клубеньковых бактерий. Предпринимаются также попытки повысить активность бобоворизобиального симбиоза с помощью комбинирования биологических и химических мероприятий. В частности, ведется поиск новых физиологически активных веществ и интенсифицируются исследования механизма их воздействия на продуктивность и качество урожая [4, 9, 10]. Наряду с природными привлекают внимание синтетические регуляторы роста — активные полимеры, нередко являющиеся прямы-

ми аналогами или антагонистами природных фитогормонов. Механизм их действия (как система гормонального контроля), дающий возможность сбалансированно регулировать развитие растений и обеспечивающий при правильной агротехнике наивысшую продуктивность симбиотических культур, изучается достаточно эффективно [3, 6, 7]. Однако внедрение синтетических регуляторов роста в практику тормозится рядом ограничительных факторов: отсутствием широких испытаний в полевых условиях, недостаточной изученностью доз и сроков обработки семян различных сельскохозяйственных культур.

В данной работе ставилась задача выявить оптимальные дозы синтетических регуляторов роста (хлор-

холинхлорида, кампозана, оксикарбама, тебепаса и ПАБК) для обработки семян гороха и характера их влияния на симбиотическую активность растений.

### Методика

В опытах использовали клубеньковые бактерии гороха (штамм 250<sup>а</sup>, ризоторфин, приготовленный на этом штамме), горох сортов Ориентир (1987 и 1988 гг.), Вятч (1989 г.), Норд (1990 г.). Ориентир (Орловчанин) — среднеспелый, неосыпаемый, высокоурожайный (масса 1000 семян — 250 г) сорт; Вятч — среднеспелый, осыпаемый, среднеурожайный (масса 1000 семян — 200—250 г) сорт; Норд — раннеспелый, неосыпаемый, устойчивый к полеганию, высокоурожайный (масса 1000 семян — 250—270 г) сорт. Сорта Ориентир и Вятч — селекции ВНИИ ЗБК (Орел), сорт Норд — селекции ВНИИ ЗБК (Орел и Полтавского СХИ).

Оптимальные концентрации используемых в опыте регуляторов роста для растений определяли в лабораторных условиях методом Бабаяна [1] — семена, замоченные в растворе биорегуляторов в течение 2 ч, проращивали в рулонах фильтровальной бумаги и полиэтилена; для клубеньковых бактерий — методом штрихов (в питательном агаре в чашке Петри вырезали канавку, в нее вливали 1 мл биорегулятора в концентрациях: 1,0; 0,1; 0,01; 0,001; 0,0001; 0,00001; 0,000001, через сутки перпендикулярно к ней штрихами высевали клубеньковые бактерии). Тебепас представляет собой препарат, состоящий из смеси хлорхолинхлорида, 2-хлорэтилфосфоновой кислоты (кампозана) и дихлоризобутирата натрия в соотношении 2:1:1/8.

Семена гороха перед посевом об-

рабатывали одновременно ризоторфином, молибденовокислым аммонием (50 г на 100 кг семян) и замачивали в течение 18 ч в растворах регуляторов роста с учетом данных, полученных в лабораторном опыте. Обработку семян хлорхолинхлоридом проводили из расчета 3,0 кг д. в. на 1 га, кампозаном — 1,5, тебепасом и оксикарбамом — 1,0 кг д. в. на 1 кг семян, концентрация ПАБК составляла 0,25 и 0,005 %.

В случае использования регуляторов роста для опрыскивания посевов гороха применяли хлорхолинхлорид в дозе 3,0 кг, кампозан, тебепас и оксикарбам — 1,0 кг д. в. на 1 га, ПАБК — в концентрации 0,005 и 0,25 %.

Полевые опыты (1987—1990 гг.) проводили на темно-серой лесной почве (ВНИИ зернобобовых и крупяных культур, г. Орел). Агрохимическая характеристика почвы:  $pH_{\text{кол}}$  — 4,8;  $N_r$  — 5,31 мг·экв/100 г, содержание гумуса — 4,93 %, легкогидролизуемого азота по Корнфилду — 15,03 мг;  $P_2O_5$  и  $K_2O$  по Кирсанову — 18,9 и 13,2 мг на 100 г.

Площадь делянки составляла 25—30 м<sup>2</sup> (в зависимости от года). Расположение вариантов рендомизированное, повторность 4-кратная. Посев осуществляли рядовым способом мелкоделяночной сеялкой СН-16. Норма высева семян — 330 кг на 1 га, масса 1000 семян — 253,3 г, их всхожесть — 95 %, чистота — 100 %. Опыты проводили на фонах 60Р60К и НРК (норма азота — 30 кг д. в. на 1 га). По фону 60Р60К азот внесли также в соответствии со схемой опыта — 17 кг аммиачной селитры и 17 кг азота в виде внекорневой подкормки в фазу бутонизации.

В процессе вегетации вели фенологические наблюдения, учитывали массу клубеньков и активность

в них нитрогеназы ацетиленовым методом на газовом хроматографе «Цвет-106» по методу Орлова с соавторами [5].

### Результаты

Все испытанные регуляторы роста в концентрациях 1,0—0,01 ингибировали степень прорастания и всхожесть семян гороха, хлорхолинхлорид и кампозан в концентрации 0,001 % стимулировали, а тебепас и оксикарбам практически не влияли на всхожесть семян, но несколько повышали скорость прорастания. Клубеньковые бактерии гороха (чистые культуры) были устойчивы к высоким концентрациям регуляторов роста (1,0; 0,1). В присутствии хлорхолинхлорида и оксикарбама в концентрациях 0,001—0,00001 %

наблюдалась некоторая стимуляция их развития.

Результаты, полученные нами при проверке действия регуляторов роста на семена и клубеньковые бактерии, а также литературные данные [2] служили обоснованием концентраций регуляторов роста, используемых в полевых опытах.

Всходы появлялись на 11—17-е сутки после посева в зависимости от года проведения опыта (на 11-е — в 1989 г.; 14-е — 1987, 1990; 17-е — в 1988 г.) и применяемого регулятора. Так, при обработке семян тебепасом и кампозаном прорастание задерживалось на 3—4 дня, при этом изреживались посевы, замедлялся темп роста растений, уменьшались масса клубеньков и нитрогеназная активность (по сравнению с контролем). Хлорхо-

Таблица 1

Рост гороха в фазу бутонизации при использовании регуляторов роста (здесь и в последующих таблицах числитель — РК, знаменатель — НРК)

Показатель	Конт-роль	Хлор-холин-хлорид	Кам-позан	Тебе-пас	Оксикарбам, %			ПАБК, %		
					0,01	0,001	0,00001	0,005	0,01	0,25
<i>1987 г., сорт Ориентир</i>										
Высота, см	40	52	20,6	27,8	46,4					
	35,6	44,5	21,8	24,5	44,5					
Масса, г/растение	6,6	7,0	2,0	6,8	2,7					
	6,4	6,9	2,0	6,8	2,9					
<i>1988 г., сорт Ориентир</i>										
Высота, см	52,2	57	45	51,5	56					
	50	55,5	41,5	50,5	58,0					
Масса, г/растение	7,5	10,5	8,5	9,5	11					
	8,5	11,5	7,5	10,5	12,1					
<i>1989 г., сорт Вяткич</i>										
Высота, см	42,5	44	—	—	49	—	—	52,5	—	49,5
	46	51	—	—	54,9	—	—	48,5	—	45,5
Масса, г/растение	13,4	16,3	—	—	15,2	—	—	15,5	—	14,4
	15,5	16,8	—	—	14,8	—	—	16,0	—	14,5
<i>1990 г., сорт Норд</i>										
Высота, см	41	—	—	—	43	44	43	43	—	—
Масса, г/растение	12,9	—	—	—	16,3	16,3	15,2	14,4	13,6	—

линхлорид и оксикарбам существенно ускоряли рост растений, что выразилось в увеличении длины и массы растений (табл. 1), массы клубеньков и нитрогеназной активности (табл. 2 и 3). Данная закономерность сохранялась в процессе вегетации по фону РК и особенно по фону НРК. Известно, что горох, как и другие бобовые культуры, в симбиозе с клубеньковыми бактериями в значительной мере удовлетворяет свою потребность в азоте за счет азота атмосферы, однако неясно, может ли процесс азотфиксации обеспечить максимальную продуктивность растений [8].

Количество и масса клубеньков в присутствии регуляторов роста практически во всех вариантах и во все фазы развития растений были выше, чем в контроле, где клубеньки формировались спонтанно местными штаммами клубеньковых бактерий. Действие кампозана и тебе-

паса было нестабильным: в 1987 г. в посевах гороха сорта Ориентир, которые отличались наибольшей изреженностью, эффект оказался отрицательным, в то время как в 1988 г. — положительным.

Уровень нитрогеназной активности почти не коррелировал с массой клубеньков. Наивысших значений он достигал у растений сорта Вятч в фазу 4—5 листьев, у сорта Норд — в фазу 8 листьев, у сорта Ориентир — в фазу бутонизации. Обычно в указанные периоды масса клубеньков весьма низкая, поэтому, очевидно, уровень активности определялся не столько общей массой клубеньков, сколько большей долей активной бактериальной ткани в них [9]. Сортные особенности растений влияли не только на процесс инфицирования и нитрогеназную активность (табл. 2 и 3), но и на урожайность растений (табл. 4). Так, при обработке семян и опрыскива-

Т а б л и ц а 2

**Нитрогеназная активность клубеньков гороха сорта Ориентир при использовании регуляторов роста**

Показатель	Контроль	Хлорко- линхло- рид	Кампозан	Тебелас	Оксикар- бам
<i>1987 г., фаза 6—7 листьев</i>					
Масса клубеньков, мг/растение	$\frac{45}{28}$	$\frac{75}{29}$	$\frac{25}{15}$	$\frac{20}{8}$	$\frac{65}{20}$
Активность нитрогеназы, нмоль/растение · ч	$\frac{3160}{1339}$	$\frac{3570}{1304}$	$\frac{496}{0}$	$\frac{884}{71}$	$\frac{2331}{756}$
<i>1988 г.; фаза 6—7 листьев</i>					
Масса клубеньков, мг/растение	$\frac{82}{77}$	$\frac{118}{76}$	$\frac{86}{102}$	$\frac{80}{82}$	$\frac{78}{76}$
Активность нитрогеназы, нмоль/растение · ч	$\frac{461}{529}$	$\frac{469}{375}$	$\frac{247}{307}$	$\frac{289}{453}$	$\frac{537}{1185}$
<i>Фаза бутонизации</i>					
Масса клубеньков, мг/растение	$\frac{30}{12}$	$\frac{42}{46}$	$\frac{14}{40}$	$\frac{28}{36}$	$\frac{45}{70}$
Активность нитрогеназы, нмоль/растение · ч	$\frac{1874}{826}$	$\frac{1428}{1020}$	$\frac{1108}{567}$	$\frac{723}{987}$	$\frac{2285}{1160}$

Таблица 3

## Нитрогеназная активность клубеньков гороха при использовании регуляторов роста

Показатель	Конт- роль	Хлор- холин- хлорид	Оксикарбам, %			ПАБК, %		
			0,01	0,001	0,00001	0,005	0,25	0,01
<i>1989 г., сорт Вятч</i>								
<i>Фаза 4—5 листьев</i>								
Масса клубеньков, мг/растение	90	86	100	—	—	102	104	—
	60	70	54			58	62	
Активность нитрогеназы, нмоль/растение·ч	9494	7248	6197	—	—	7900	7465	—
	2558	4878	4059			3914	4240	
<i>Фаза бутонизации</i>								
Масса клубеньков, мг/растение	13	28	30	—	—	28	80	—
	24	58	54			30	84	
Активность нитрогеназы, нмоль/растение·ч	696	1421	1667	—	—	906	891	—
	1326	1812	3573			2703	2645	
<i>1990 г., сорт Норд</i>								
<i>Фаза 6 листьев</i>								
Масса клубеньков, мг/растение	48	—	57	50	60	54	—	62
Активность нитрогеназы, нмоль/растение·ч	290	—	254	515	558	261	—	667
<i>Фаза 8 листьев</i>								
Масса клубеньков, мг/растение	15	—	35	50	62	32	—	27
Активность нитрогеназы, нмоль/растение·ч	1145	—	2087	1334	3464	1355	—	2087
<i>Фаза бутонизации</i>								
Масса клубеньков, мг/растение	15	—	35	50	62	32	—	27
Активность нитрогеназы, нмоль/растение·ч	1145	—	2087	1334	3464	1355	—	2087

нии растений сорта Ориентир хлорхолинхлоридом, оксикарбамом и ПАБК урожай на безазотном фоне был несколько выше, чем в вариантах с кампозаном и тебепасом, резко снижавшими продуктивность растений. На азотном фоне эта тенденция была слабее выражена. Урожайность гороха сорта Норд при использовании хлорхолинхлорида и оксикарбама оказалась достоверно выше. Установлена тенденция к увеличению урожайности гороха сорта Вятч (1989 г.) при обработке семян хлорхолинхлоридом, оксикарбамом

и опрыскивании посевов последним. Наиболее эффективна была обработка растений сорта Норд ПАБК в концентрациях 0,005 и 0,01 % и оксикарбамом в концентрациях 0,01, 0,001 и 0,00001 %. Обработка оксикарбамом и ПАБК приводила к повышению урожайности гороха сорта Норд в среднем на 14—25 %. Наибольший урожай получен при обработке оксикарбамом 0,00001 % (61,4 ц/га) и ПАБК 0,005 % (60,7 ц/га): НСР<sub>05</sub> — 3,5 (1987 г.); 3,9 (1988 г.); 3,2 (1989 г.); 5,2 (1990 г.).

Урожайность гороха (ц/га) при использовании регуляторов роста (в скобках даны результаты опрыскивания посевов регуляторами роста)

Год	Конт- роль	Хлор- халин- хлорид	Кампо- зан	Тебе- пас	Оксикарбам, %			ПАБК, %		
					0,01	0,001	0,00001	0,005	0,01	0,25
<i>Сорт Ориентир</i>										
1987	45,0	47,0	35,5	40,3	43,4	—	—	—	—	—
	40,9	42,1	35,3	43,1	43,1	—	—	—	—	—
		(45,9)	(46,4)		(49,3)					
		(47,2)	(43,5)		(45,3)					
1988	33	31,3	23,6	27,3	29,5	—	—	—	—	—
	27	29,8	22,3	25,5	27,8	—	—	—	—	—
		(31,0)	(30,1)		(27,1)					
		(29,2)	(31,4)		(30,0)					
<i>Сорт Вятки</i>										
1989	24,9	26,5	—	—	26,7	—	—	25,8	—	25,8
	23,8	24,5	—	—	24,2	—	—	23,8	—	25,6
		(25)			(26,1)			(26,1)		
		(27)			(24,2)			(24,1)		
<i>Сорт Норд</i>										
1990	49,1	—	—	—	58,7	59,0	61,4	60,7	56,0	—

Итак, обработка семян гороха кампозаном и тебепасом отрицательно влияет на эффективность симбиоза, что выражается в снижении активности нитрогеназы и урожайности. Усиление симбиотической активности и повышение урожайности гороха (сорт Норд) наблюдались при обработке семян ПАБК и оксикарбамом.

Полученные результаты свидетельствуют о принципиальной возможности управления продуктивностью инокулированных растений гороха с учетом их сортовых особенностей с помощью синтетических регуляторов роста.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Бабаян Р. С.* Проращивание семян в рулонах из фильтровальной бумаги и

полиэтиленовой пленки.— С.-х биология, 1981, т. 16, вып. 3, с. 473—475.— 2. *Долгополова Л. Н., Лоханов А. П., Забабурина В. Н., Протопопова Е. Г.* Эффективность применения препарата тур при возделывании гороха.— Науч. тр., т. 5. Орел, 1976, с. 103.— 3. *Жолобак Г. М.* Влияние комплексной обработки растений гороха фитогормонами — активаторами роста на азотфиксацию, утилизацию азота и продуктивность.— Физиол. раст., 1986, т. 18, вып. 3, с. 279.— 4. *Казакова В. Н., Вяткин Ю. А.* Перспективные регуляторы роста растений.— Химия в сельск. хоз-ве, 1986, вып. 8, с. 49.— 5. *Орлов В. П., Орлова И. Ф., Щербина Е. А. и др.* Методика оценки активности симбиотической азотфиксации селекционного материала зернобобовых культур ацетиленовым методом.— ВНИИЗБК, Орел, 1984.— 6. *Орманджи К. С., Стефанский В. В., Майстренко Г. С. и др.* Операционная технология возделывания и уборки зерно-

бобовых культур.— М.: Россельхозиздат, 1987, с. 6—26.— 7. *Переpravo Н. И., Антонов В. И.* Влияние регуляторов роста на семенную продуктивность клевера лугового.— *Химия в сельск. хоз-ве*, 1984, т. 22, вып. 11, с. 34—36.— 8. *Мишустин Е. Н., Елагин И. Н., Черепков Н. И. и др.* Минеральный и биологический азот в земледелии СССР.—

М.: Наука, 1985.— 9. *Чайлахян М. Х.* Гормональная регуляция онтогенеза растений.— М.: Наука, 1984.— 10. *Чайлахян М. Х.* Роль регуляторов роста в жизни растений и в практике сельского хозяйства. Серия Биология, вып. 1. М.: Изд-во АН СССР, 1982, с. 5—25.

*Статья поступила 1 июня 1991 г.*

## SUMMARY

The effect of growth regulators (campozan, tebepas, chlorocholinechloride, oxycarbam, PABK) on pea nodule bacteria (strain 250<sup>a</sup>) and its symbiotic activity was studied under laboratory conditions. Treatment of pea seeds and spraying the stands with campozan and tebepas produced unfavourable effect on symbiotic efficiency (nitrogenase activity and plant yield became lower). Symbiotic activity of pea (Nord variety) increased considerably after treating the seeds with PABK and oxycarbam.