

## КОМПЛЕМЕНТАРНОСТЬ СОРТОВ КЛЕВЕРА ЛУГОВОГО И ШТАММОВ РИЗОБИЙ

Г. С. ПОСЫПАНОВ, Н. А. ШИЛОВСКАЯ, В. И. ЧЕРНОВА, Б. А. ЧЕРНОВ

(Калужский филиал ТСХА)

Установлено наличие комплементарности сортов клевера лугового и штаммов ризобий. Наиболее комплементарным сортам ВИК 7 и Тимирязевец является штамм 331а, а сорту Среднерусский — штамм 348а.

Активность биологической фиксации азота воздуха в основном определяется комплементарностью мокро- и микросимбионтов, обусловленной генотипом [1—7]. Однако для многих культур, в частности для широко распространенных районированных сортов клевера лугового Среднерусский, ВИК 7 и Тимирязевец 47, не определены наиболее специфичные штаммы ризобий. Выяснению этого вопроса и посвящена наша работа.

### Методика

Вегетационные опыты проводили в 1987—1988 гг. с 3 сортами клевера лугового: Среднерусский, двуукосный ВИК 7, тетраплоидный Тимирязевец 47 — и 4 штаммами *Rhizobium trifolii*. Почва супесчаная дерново-подзолистая с нейтральной реакцией среды ( $pH_{\text{сод}}$  6,9), содержание гумуса — 1,24 %,  $N_r$  — 0,4 мг-экв на 100 г, обеспеченность подвижным фосфором высокая, обменным калием — средняя. Предпочливиной порог влажности почвы — 65 % ППВ.

Инокулированные растения с одинаковой длиной корешка высаживали рав-

номерно на глубину 1 см в сосуды, содержащие по 6 кг почвы. В фазу 2-го настоящего листа в каждом сосуде оставляли по 8 нормально сформировавшихся растений.

Схема опыта: 1 — контроль (без инокуляции), 2 — инокуляция активным штаммом 311а, 3 — инокуляция активным штаммом 348а, 4 — инокуляция активным штаммом 331а, 5 — инокуляция активным штаммом 345а. Повторность опыта — 6-кратная.

Содержание леггемоглобина в клубеньках клевера лугового определяли методом Мелик-Саркисян, нитрогеназную активность — ацетиленовым методом. Урожай клевера в 1987 г. из-за позднего срока посадки убирали в фазу стеблевание — начало бутонизации, в 1988 г. — в фазу бутонизация — начало цветения. Все наблюдения и учеты у сорта ВИК 7 проводили перед 1-м и 2-м укосами.

### Результаты

Инокуляция семян клевера лугового 4 штаммами ризобий не оказала заметного влияния на исходные показатели деятельности симбиотического аппарата — количество и массу клубеньков. Небольшие различия по этим параметрам обусловлены,

по-видимому, случайными ошибками анализа.

В среднем в 1988 г. за вегетацию у сорта ВИК 7 образовалось клубеньков больше, чем у сортов Тимирязевец и Среднерусский, соответственно на 38 и 22 % (табл. 1). В 1987 г. у сорта Среднерусский количество клубеньков было на 30 % больше, чем у ВИК 7, так как в этом году у последнего сформировался только один укос.

Как и следовало ожидать, масса клубеньков по вариантам опыта не всегда была связана с их количеством. Это вызвано различным строением симбиотического аппарата. Например, у сорта Тимирязевец, имеющего немного крупных клубеньков, формируется большая их масса, чем у сорта Среднерусский, для которого характерно наличие большого количества мелких клубеньков. В некоторых случаях в результате инокуляции семян отдельными штаммами мас-

са клубеньков возрастала на 20 %, однако это увеличение нельзя считать закономерным.

Отмечена существенная сортовая специфичность клевера по содержанию леггемоглобина в клубеньках. Наименьшая его концентрация была у сорта ВИК 7 (табл. 2). Инокуляция семян разными штаммами способствовала ее повышению на 11—24 % по сравнению с контролем. Наиболее эффективным в 1988 г. оказался штамм 331а, а в 1987 г. — штамм 311а. В целом содержание леггемоглобина было выше в 1988 г.

У сорта Среднерусский низкое содержание пигмента в контроле можно объяснить следующим образом. Почвы Калужской области имеют кислую реакцию среды. И сорт, и почвенные бактерии адаптировались к таким условиям, так как сорт издавна выращивается в этом регионе. В вегетационных опытах почва была доведена до оптимального

Т а б л и ц а 1

Величина симбиотического аппарата клевера лугового в зависимости от особенностей сорта и активности штамма ризобий

Сорт	Контроль		311а		348а		331а	345а
	1987 г.	1988 г.	1987 г.	1988 г.	1987 г.	1988 г.	1988 г.	1988 г.

*Количество клубеньков, тыс. шт/сосуд*

Среднерусский	3,96	3,72	2,73	2,52	1,54	3,68	3,86	2,77
ВИК 7	1,30	<u>2,03</u>	2,36	<u>2,24</u>	2,13	<u>1,42</u>	<u>1,98</u>	<u>2,28</u>
Тимирязевец	—	2,75	—	2,57	—	2,68	2,95	2,27

*Масса клубеньков, г/сосуд*

Среднерусский	1,66	2,45	1,55	1,95	1,36	3,07	2,60	2,15
ВИК 7	2,37	<u>1,80</u>	2,03	<u>1,59</u>	2,06	<u>1,61</u>	<u>2,21</u>	<u>2,16</u>
Тимирязевец	—	2,43	—	2,73	—	1,75	2,03	1,59
		3,26		3,76		2,64	3,73	3,04

Примечание. Здесь и далее: числитель — 1-й укос, знаменатель — 2-й укос.

уровня рН 6,9. Такое резкое изменение реакции среды оказало ингибирующее действие на активность спонтанных кислототолерантных клубеньковых бактерий, что и привело к снижению содержания леггемоглобина в клубеньках.

Максимальное накопление пигмента отмечено в 4-м варианте: у сортов Тимирязевец и ВИК 7 оно было больше, чем в контроле, соответственно на 28 и 34 %. Другие штаммы оказывали меньшее стимулирующее действие на накопление леггемоглобина.

Активность нитрогеназы в наших опытах не коррелирует с содержанием леггемоглобина в клубеньках клевера лугового. Наиболее эффективным оказал-

ся симбиоз спонтанного штамма с клевером сорта ВИК 7, а наименее эффективным — с сортом Среднерусский. Другие штаммы по этому показателю также проявили сортовую комплексность. В среднем максимальной азотфиксирующей активностью обладала симбиотическая система сорта ВИК 7, несколько меньшей — сорта Тимирязевец и минимальной — сорта Среднерусский (табл. 3).

Инокуляция семян способствовала повышению фотосинтетической деятельности посевов, поскольку улучшалось азотное питание растений (табл. 4). Самым эффективным в этом отношении явился штамм 311а, обработка которым привела у всех сортов к возрастанию со-

Таблица 2

Содержание леггемоглобина в клубеньках клевера лугового в зависимости от особенностей сорта и активности штамма ризобий

Сорт	Контроль		311а		348а		331а	345а
	1987 г.	1988 г.	1987 г.	1988 г.	1987 г.	1988 г.	1988 г.	1988 г.
<i>Содержание леггемоглобина, мг/г сырых клубеньков</i>								
Среднерусский	1,00	2,81	1,48	3,54	1,25	3,16	3,69	3,53
ВИК 7	0,90	<u>1,85</u>	1,03	<u>2,15</u>	0,86	<u>2,37</u>	<u>2,38</u>	<u>2,12</u>
Тимирязевец	—	2,96	—	3,15	—	3,00	3,60	3,22
<i>Накопление леггемоглобина, мг/сосуд</i>								
Среднерусский	1,66	6,52	2,29	6,34	1,69	10,10	9,80	7,00
ВИК 7	1,23	<u>3,40</u>	2,08	<u>3,44</u>	1,76	<u>3,85</u>	<u>5,18</u>	<u>4,55</u>
Тимирязевец	—	6,33	—	6,80	—	5,20	4,83	5,81
Тимирязевец	—	9,81	—	11,90	—	7,78	13,64	8,86

Таблица 3

Активность нитрогеназы (мг азота/сосуд·ч) клевера лугового в зависимости от особенностей сорта и штамма ризобий, 1988 г.

Сорт	Контроль	311а	348а	331а	345а
Среднерусский	0,113	0,825	0,381	0,291	0,550
ВИК 7 (1 укос)	0,833	0,688	0,706	0,615	0,821
Тимирязевец	0,328	0,819	0,547	0,556	0,465

Фотосинтетическая деятельность и высота растений клевера лугового в зависимости от особенностей сорта и активности штамма ризобий

Сорт	Контроль		311а		348а		331а	345а
	1987 г.	1988 г.	1987 г.	1988 г.	1987 г.	1988 г.	1988 г.	1988 г.
<i>Содержание хлорофилла, мг/г сырых листьев</i>								
Среднерусский	—	1,52	—	1,60	—	1,55	1,82	1,39
ВИК 7	—	1,43	—	1,62	—	2,00	1,53	1,81
Тимирязевец	—	1,48	—	1,61	—	1,29	1,52	1,21
<i>Площадь листьев, тыс. см<sup>2</sup>/сосуд</i>								
Среднерусский	1,68	1,58	2,38	2,56	2,17	2,73	2,72	2,38
ВИК 7	2,11	1,62	2,16	1,40	1,75	1,70	1,98	1,89
Тимирязевец	—	1,38	—	1,39	—	1,50	1,45	1,34
		2,20		2,32		2,46	2,89	2,32
<i>Высота растений, см</i>								
Среднерусский	33	38	29	43	29	52	56	58
ВИК 7	29	45	33	43	29	41	50	54
Тимирязевец	—	27	—	26	—	26	25	31
		53		52		50	41	46

держания хлорофилла по сравнению с контролем.

Максимальное увеличение площади листьев наблюдалось при обработке семян штаммом 331а (до 72 % к контролю у сорта Среднерусский). Другие штаммы также способствовали росту этого показателя.

Инокуляция семян привела и к изменению высоты клевера. Рост растений сорта Среднерусский усиливали все штаммы, ВИК 7 — только штаммы 331а и 345а, которые, однако, снизили высоту клевера сорта Тимирязевец. Эти результаты свидетельствуют о достаточно сильной сортовой комплементарности штаммов.

Комплементарность штаммов отмечена также при накоплении сухой массы растениями (табл. 5). У сорта Среднерусский сухая масса листьев увеличивалась во всех вариантах (в 1988 г. — на 53—100 %, в 1987 г. — на 35—51 %), у сорта

Тимирязевец — лишь во 2-м (в 1988 г. — на 20 %), а у ВИК 7 она осталась на уровне контроля. Накопление было максимальным в 1988 г. Наибольшая сухая масса сформирована сортами Тимирязевец и ВИК 7 при инокуляции штаммом 331а, а сортом Среднерусский — штаммом 348а: прибавка сухого вещества по сравнению с контролем составила соответственно 25, 9 и 71 %.

Если на содержание леггемоглобина в клубеньках и хлорофилла в листьях инокуляция семян оказала положительное воздействие, то на содержании азота в органах растений эта обработка практически не отразилась (табл. 6). Исключение составил сорт Среднерусский, у которого спонтанные бактерии оказались наименее активными. В симбиотической системе сортов ВИК 7 и Тимирязевец спонтанный штамм проявил несколько большую активность, чем завод-

Таблица 5

Накопление сухого вещества клевером луговым в зависимости от особенностей сорта и активности штамма ризобий, г/сосуд

Сорт	Контроль		311а		348а		331а	345а
	1987 г.	1988 г.	1987 г.	1988 г.	1987 г.	1988 г.	1988 г.	1988 г.
<i>Листья</i>								
Среднерусский	4,30	5,15	6,50	7,89	5,80	10,80	8,96	9,44
ВИК 7*	5,90	8,50	6,10	8,22	5,00	8,05	9,00	7,72
Тимирязевец	—	11,54	—	12,18	—	11,98	13,74	11,00
<i>Стебли</i>								
Среднерусский	6,10	9,86	9,60	20,08	8,10	18,39	17,37	15,04
ВИК 7	9,60	17,62	9,10	16,24	7,70	17,20	18,36	14,80
Тимирязевец	—	16,21	—	19,47	—	17,26	21,24	15,32
<i>Корни</i>								
Среднерусский	4,70	4,81	5,40	4,71	3,80	4,74	4,03	5,18
ВИК 7	5,50	10,68	4,70	13,57	4,50	10,66	12,92	9,90
Тимирязевец	—	6,97	—	7,83	—	6,13	8,31	8,04
<i>Всего</i>								
Среднерусский	15,10	19,82	21,50	32,68	17,70	33,93	30,36	29,66
ВИК 7	21,00	36,80	19,90	38,03	17,20	35,91	40,28	32,42
Тимирязевец	—	34,72	—	39,48	—	35,37	43,29	34,36

Примечание. Здесь и в табл. 7 для сорта ВИК 7 приведены данные о накоплении сухого вещества в 1987 г. за 1 укос и в 1988 г. — за 2 укоса. НСР<sub>05</sub> для сортов в 1987 г. и 1988 г. — соответственно 0,35 и 2,50 г, для штаммов — 0,90 и 3,10 г.

Таблица 6

Содержание азота в растениях клевера лугового в зависимости от особенностей сорта и активности штамма ризобий (%)

Сорт	Контроль		311а		348а		331а	345а
	1987 г.	1988 г.	1987 г.	1988 г.	1987 г.	1988 г.	1988 г.	1988 г.
<i>Листья</i>								
Среднерусский	4,23	3,13	4,80	3,48	4,88	3,23	3,36	3,63
ВИК 7	4,63	4,02	4,68	3,33	4,50	3,75	3,29	3,68
Тимирязевец	—	3,17	—	3,81	—	4,05	3,87	3,86
Тимирязевец	—	3,71	—	3,39	—	3,46	3,18	3,06
<i>Стебли</i>								
Среднерусский	1,52	1,29	1,68	1,21	1,58	1,27	1,38	1,31
ВИК 7	1,63	1,37	1,52	1,32	1,45	1,27	1,32	1,36
Тимирязевец	—	1,55	—	1,63	—	1,64	1,46	1,65
Тимирязевец	—	1,47	—	1,35	—	1,30	1,13	1,24
<i>Корни</i>								
Среднерусский	2,60	1,90	2,80	2,16	3,00	2,38	2,38	2,04
ВИК 7	2,72	2,41	2,67	2,05	2,51	1,94	2,30	1,99
Тимирязевец	—	1,70	—	1,42	—	1,79	1,82	1,70
Тимирязевец	—	2,09	—	1,95	—	2,21	2,21	1,81

Т а б л и ц а 7

Накопление азота растениями клевера лугового в зависимости от особенностей сорта и активности штамма ризобий, мг/сосуд

Сорт	Контроль		311а		348а		331а	345а
	1987 г.	1988 г.	1987 г.	1988 г.	1987 г.	1988 г.	1988 г.	1988 г.
<i>Листья</i>								
Среднерусский	182	173	312	275	283	349	313	343
ВИК 7	273	295	285	300	225	319	330	294
Тимирязевец	—	428	—	424	—	415	439	337
<i>Стебли</i>								
Среднерусский	93	127	161	252	128	234	240	197
ВИК 7	156	253	138	235	112	247	252	220
Тимирязевец	—	177	—	263	—	224	240	190
<i>Корни</i>								
Среднерусский	122	91	151	102	114	113	96	106
ВИК 7	150	208	125	215	113	196	257	174
Тимирязевец	—	146	—	153	—	135	184	145
<i>Всего</i>								
Среднерусский	397	391	624	629	525	696	649	646
ВИК 7	579	756	548	750	450	762	839	688
Тимирязевец	—	751	—	840	—	774	863	672

Примечание. НСР<sub>05</sub> в 1988 г. составила для сортов 52,1 мг, для штаммов — 67,3 мг.

ские. В 1987 г. в связи с ранней уборкой клевера содержание азота во всех органах было выше, чем в 1988 г.

Величина и активность симбиотического аппарата коррелируют с накоплением азота растениями. У клевера сорта Среднерусский инокуляция любым штаммом увеличивала в 1988 г. количество азота в листьях на 102—176 мг/сосуд (табл. 7), в стеблях — на 70—125, в корнях — на 5—22 и в целом растении — на 238—305 мг/сосуд, или на 61—78 %. Наибольшую азотфиксирующую активность на этом сорте проявил штамм 348а. По сравнению со спонтанным штаммом он увеличил симбиотическую азотфиксацию на 305 мг/сосуд.

У сортов ВИК 7 и Тимирязе-

вец за счет спонтанного штамма в целом растении фиксировано азота на 92 % больше, чем у сорта Среднерусский. Инокуляция семян этих сортов штаммом 331а увеличила накопление азота в клевере сорта ВИК 7 на 11 %, сорта Тимирязевец — на 15 %. Другие штаммы не оказали положительного влияния на симбиотическую азотфиксацию. На сорте Тимирязевец эффективным оказался и штамм 311а, который повысил усвоение азота воздуха на 89 мг/сосуд, или на 12 % по сравнению со спонтанным штаммом.

#### Выводы

1. Установлено наличие комплексности сортов клевера лугового и штаммов ризобий.
2. Обработка семян заводски-

ми штаммами ризобий способствовала повышению концентрации леггемоглобина в клубеньках.

3. Наиболее комплементарным сортам ВИК 7 и Тимирязевец является штамм 331а, а сорту Среднерусский — штамм 348а.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Лапинская Э. Б. Эффективность производственных и новых штаммов клубеньковых бактерий клевера красного. — Экология микроорганизмов и продукты их обмена. Вильнюс, 1983. — 2. Мишустин Е. Н., Шильникова В. К. Биологическая фиксация атмосферного азота. — М.: Наука, 1968. — 3. Мишустин Е. Н., Шильникова В. К. Клубеньковые бактерии и инокуляционный процесс. — М.: Наука, 1973. — 4. Сип-

лов В. В. Влияние различных штаммов клубеньковых бактерий на урожай и качество корма из клевера красного. — Гумус и азот в почвообразовании и земледелии Нечерноземной зоны РСФСР: Науч. тр. ЛСХИ, Л., 1986. — 5. Смирнова Т. В. Эффективность нитрагинизации клевера в зависимости от дозы инокулята, количества спонтанных клубеньковых бактерий в почве и сорта растения-хозяина. — Бюл. ВНИИ СХМБ, 1981, № 33, с. 34—38. — 6. Смирнова Т. В. Эффективность спонтанных и селекционных штаммов *Rhizobium trifolii* в зависимости от сорта растения-хозяина и доз азотных удобрений. — Автореф. канд. дис. М., 1983. — 7. Чундерова А. И. О взаимоотношении клубеньковых бактерий с растением-хозяином и перспективах повышения эффективности симбиоза. — Сб. науч. тр. ВНИИ СХМБ, 1980, т. 5, с. 7—29.

*Статья поступила 2 января  
1990 г.*

#### SUMMARY

Availability of complementarity of red clover varieties and rhizobium strains has been established. The strain 331a is the most complementary for varieties VIK 7 and Timiryazevets, and the strain 348a — for Srednerussky variety.