

УДК 633.31:631.811:631.52

## СИМБИОТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ЛЮЦЕРНЫ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ НА ПОЧВАХ РАЗЛИЧНОЙ ОКУЛЬТУРЕННОСТИ

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

(Кафедра растениеводства)

Уровень обеспеченности люцерны азотом и в конечном счете размеры, а также качество урожая этой культуры в значительной мере зависят от степени активности бобоворизобиального симбиоза [3, 4, 7]. В свою очередь, актуальная (полевая) активность симбиоза и количество фиксированного азота воздуха обусловлены факторами среды: кислотностью почвы, обеспеченностью растений водой, фосфором, калием, минеральным азотом и микроэлементами, температурным режимом почвы и воздуха [1, 3, 5, 6]. С изменением параметров любого из перечисленных факторов в течение вегетации изменяются и размеры, и активность симбиотического аппарата [2, 8, 9].

При снижении влажности почвы, например к фазе бутонизации люцерны, сформировавшиеся весной активные клубеньки отмирают. После укоса количество и масса клубеньков также резко снижаются и вновь увеличиваются к следующему укосу [8]. В связи с этим для определения размеров и активности симбиотического аппарата совершенно недостаточно сделать один или два учета, поскольку количество, масса клубеньков и их активность постоянно изменяются в течение вегетационного периода. Более полно размеры и активность симбиотического аппарата характеризуют показатели общего и активного симбиотического потенциала [7].

Поскольку в Коми АССР люцерна интродуцируется впервые, представляет теоретический и практический интерес изучить влияние почвенно-климатических факторов данной зоны, а также известкования, фосфорно-калийных и азотных удобрений на уровень общего (ОСП) и активного (АСП) симбиотических потенциалов.

### Методика исследований

Люцерну сорта Северная гибридная 69 выращивали в экспериментальном хозяйстве Государственной сельскохозяйственной опытной станции Коми АССР в 1974—1978 гг. на подзолистых почвах различного плодородия. Содержание гумуса в окультуренной старопашотной почве 2,3 %, подвижного фосфора — 37 и калия — 16—30 мг на 100 г почвы,  $pH_{\text{с.о.л}}$  6,3—6,8, а в слабоокультуренной почве на вновь освоенном таежном участке — соответственно 1 %, 10 и 8 мг,  $pH_{\text{с.о.л}}$  4,5—5,2.

Схема опытов следующая: 1 — без удоб-

рения (контроль); 2 — известкование (Ca); 3 — CaPK; 4 — CaPKN $\frac{1}{2}$ ; 5 — CaPKN $\frac{1}{4}$ ; 6 — CaPKN $\frac{1}{8}$ .

Осенью предшествующего закладке опыта года была внесена доломитовая мука в дозе 5—12 т/га под зяблевую вспашку. Дозы удобрений по опытам следующие: P $_2$ O $_5$  — 20—152 кг/га, K $_2$ O — 89—115 кг/га в год. Полная доза азота составляла 109—165 кг под укос.

Простой суперфосфат, хлористый калий на все годы пользования трав и бор в расчете 1 кг на 1 га вносили в основное

удобрение, аммиачную селитру — рано весной и после укосов (кроме последнего). Семена обрабатывали молибденом из расчета 50 г на гектарную норму семян и активным штаммом клубеньковых бактерий. Учетная площадь делянок 25—100 м<sup>2</sup>, размещение их рендомизированное, повтор-

ность опыта 4-кратная.

Вегетационные периоды 1974, 1975 и 1977 гг. были сравнительно теплыми для данной широты и отличались дефицитом осадков; 1976 год был умеренно теплым и влажным, 1978 год — самым холодным с обильными осадками.

## Результаты и их обсуждение

Длительность функционирования клубеньков на корнях люцерны, или продолжительность общего симбиоза, зависит от влагообеспеченности растений, пищевого режима и метеорологических условий года. На окультуренной почве в 1975 г. при недостаточном увлажнении почвы, но с растянутым до октября вегетационным периодом клубеньки находились на корнях люцерны 133 дня, т. е. столько же, как и во влажном 1976 г. (табл. 1).

Продолжительность общего симбиоза в 1977 г. была меньше, чем в 1975 и 1976 гг., соответственно на 21 и 14 дней, что связано с ранним прекращением вегетации растений. На слабоокультуренной почве в среднем за 3 года период общего симбиоза во всех вариантах без азота был короче на 13—29 дней, чем на окультуренной почве. Под влиянием любой из изучаемых доз минерального азота продолжительность его на окультуренной почве сократилась в среднем на 20—33 дня, а в годы с недостаточной влажностью — на 24—35 дней (1975 г.) и 52—90 дней (1977 г.); на слабоокультуренной почве клубеньки на корнях растений были столько же дней, сколько и в варианте СаРК.

Во все годы исследований на обеих почвах продолжительность активного симбиоза была в 1,5—6 раз меньше, чем общего. Следовательно, наличие клубеньков на корнях растений еще не является показателем процесса азотфиксации и скорее всего свидетельствует лишь о высокой вирулентности клубеньковых бактерий. Процесс симбиотрофного питания растений азотом осуществляется только при наличии в клубеньках красного пигмента леггемоглобина. В наших опытах азот атмосферы усваивался люцерной в варианте СаРК в среднем за четыре года на окультуренной почве 45 дней, а на слабоокультуренной — 28 дней в год. В 1977 г. активный симбиоз продолжался лишь 32—

Таблица 1

Продолжительность бобоворизобияльного симбиоза люцерны (дней)  
на почвах различного плодородия в течение вегетационного периода

| Вариант              | Окультуренная почва |      |      |      |           | Слабоокультуренная почва |      |      |      |           |
|----------------------|---------------------|------|------|------|-----------|--------------------------|------|------|------|-----------|
|                      | 1974                | 1975 | 1976 | 1977 | в среднем | 1975                     | 1976 | 1977 | 1978 | в среднем |
| Общий симбиоз        |                     |      |      |      |           |                          |      |      |      |           |
| Контроль             | 37                  | 133  | 126  | 112  | 102       | 32                       | 80   | 72   | 87   | 73        |
| Са                   | 37                  | 133  | 126  | 112  | 102       | 43                       | 110  | 90   | 111  | 89        |
| СаРК                 | 37                  | 133  | 126  | 112  | 102       | 43                       | 110  | 90   | 111  | 89        |
| СаРКN <sub>1/3</sub> | 35                  | 109  | 125  | 60   | 82        | 43                       | 110  | 90   | 111  | 89        |
| СаРКN <sub>2/3</sub> | 34                  | 109  | 125  | 22   | 73        | 43                       | 110  | 90   | 111  | 89        |
| СаРКN <sub>1</sub>   | 32                  | 98   | 123  | 22   | 69        | 43                       | 110  | 90   | 111  | 89        |
| Активный симбиоз     |                     |      |      |      |           |                          |      |      |      |           |
| Контроль             | 23                  | 69   | 51   | 32   | 44        | 10                       | 21   | 0    | 15   | 12        |
| Са                   | 23                  | 69   | 51   | 35   | 45        | 13                       | 34   | 20   | 28   | 24        |
| СаРК                 | 23                  | 69   | 51   | 36   | 45        | 13                       | 39   | 25   | 34   | 28        |
| СаРКN <sub>1/3</sub> | 19                  | 31   | 25   | 14   | 22        | 13                       | 30   | 16   | 30   | 22        |
| СаРКN <sub>2/3</sub> | 19                  | 27   | 27   | 0    | 18        | 13                       | 26   | 0    | 18   | 14        |
| СаРКN <sub>1</sub>   | 19                  | 22   | 17   | 0    | 15        | 13                       | 26   | 0    | 15   | 14        |

## Общий (числитель) и активный (знаменатель) симбиотические потенциалы люцерны (сырых клубеньков кг.сут/га) на окультуренной почве

| Укос                 | Контроль | Ca     | CaPK   | CaPKN <sub>1/3</sub> | CaPKN <sub>2/3</sub> | CaPKN <sub>1</sub> |
|----------------------|----------|--------|--------|----------------------|----------------------|--------------------|
| 1-й год жизни (1974) |          |        |        |                      |                      |                    |
| За вегетацию         | 315      | 310    | 415    | 343                  | 385                  | 398                |
|                      | 126      | 124    | 166    | 137                  | 154                  | 159                |
| 2-й год жизни (1975) |          |        |        |                      |                      |                    |
| I                    | 8745     | 8974   | 11 713 | 6678                 | 3922                 | 2332               |
|                      | 6105     | 6253   | 8178   | 4662                 | 1332                 | 798                |
| 3-й год жизни (1976) |          |        |        |                      |                      |                    |
| I                    | 6570     | 7633   | 10 272 | 6000                 | 4407                 | 2666               |
|                      | 5622     | 5735   | 6859   | 4024                 | 2426                 | 1380               |
| II                   | 3008     | 3335   | 4467   | 2021                 | 966                  | 842                |
|                      | 2429     | 2429   | 3042   | 1390                 | 658                  | 141                |
| За вегетацию         | 9578     | 10 968 | 14 739 | 8021                 | 5373                 | 3508               |
|                      | 8051     | 8164   | 9901   | 5414                 | 3084                 | 1521               |
| 4-й год жизни (1977) |          |        |        |                      |                      |                    |
| I                    | 816      | 884    | 1167   | 850                  | 228                  | 102                |
|                      | 420      | 518    | 700    | 350                  | 0                    | 0                  |
| II                   | 357      | 451    | 724    | 191                  | 41                   | 27                 |
|                      | 0        | 0      | 0      | 0                    | 0                    | 0                  |
| III                  | 432      | 540    | 828    | 93                   | 0                    | 0                  |
|                      | 0        | 0      | 0      | 0                    | 0                    | 0                  |
| За вегетацию         | 1605     | 1875   | 2719   | 1134                 | 269                  | 129                |
|                      | 420      | 518    | 700    | 350                  | 0                    | 0                  |

36 дней (33 % вегетационного периода). Продолжительность азотфиксации под влиянием азотных удобрений снижалась в большей степени на окультуренной почве: при внесении N<sub>1/3</sub> — в среднем на 23, а при N<sub>1</sub> — на 30 дней.

Как общий, так и активный симбиотические потенциалы существенно изменялись в зависимости от года жизни люцерны, варианта опыта, а также от степени окультуренности почвы. Общий симбиотический потенциал во все годы опытов был выше всего на окультуренной почве (табл. 2).

Известкование не оказывало заметного влияния на его размеры, так как данная почва характеризовалась низкой кислотностью. Внесение фосфорно-калийных удобрений способствовало повышению ОСП в 1-й год жизни на 32 %, во 2-й — на 34, в 3-й — на 54 и в 4-й — на 69 %. Максимального значения он достигал на 3-й год жизни люцерны и составил в сумме за 2 укоса 14 739 кг.сут/га.

Минимальный ОСП отмечался у растений на слабоокультуренной почве в контрольном варианте (табл. 3). Известкование кислой почвы приводило к его увеличению уже в 1-й год жизни растений в 2,5 раза, к 3-му году — в 11, к 4-му — в 13,5 раза. В варианте CaPK этот показатель значительно повышался, однако во все годы был меньше, чем на окультуренной почве.

Уровень АСП всегда был ниже уровня ОСП, причем наибольшая разница наблюдалась на слабоокультуренной неудообренной почве: на 2-м году жизни растений АСП составил 1/3 на 4-м — 1/4 общего, а на 3-м году жизни все клубеньки в этом варианте были неактивными. На окультуренной почве АСП возрастал в большей степени под влиянием

Общий (числитель) и активный (знаменатель) симбиотические потенциалы люцерны (сырых клубеньков кг.сут/га) на слабоокультуренной почве

| Укос                 | Контроль           | Ca                     | CaPK                   | CaPKN <sub>1/3</sub> | CaPKN <sub>2/3</sub> | CaPKN <sub>1</sub>  |
|----------------------|--------------------|------------------------|------------------------|----------------------|----------------------|---------------------|
| 1-й год жизни (1975) |                    |                        |                        |                      |                      |                     |
| а вегетацию          | $\frac{261}{65}$   | $\frac{648}{120}$      | $\frac{711}{142}$      | $\frac{513}{98}$     | $\frac{612}{102}$    | $\frac{625}{105}$   |
| 2-й год жизни (1976) |                    |                        |                        |                      |                      |                     |
| I                    | $\frac{1488}{632}$ | $\frac{6292}{3811}$    | $\frac{8450}{4579}$    | $\frac{4602}{2741}$  | $\frac{3536}{2479}$  | $\frac{2262}{2073}$ |
| II                   | $\frac{987}{232}$  | $\frac{4461}{1408}$    | $\frac{5393}{1536}$    | $\frac{4194}{1296}$  | $\frac{3427}{1104}$  | $\frac{2857}{824}$  |
| За вегетацию         | $\frac{2475}{864}$ | $\frac{10\ 753}{5219}$ | $\frac{13\ 843}{6115}$ | $\frac{8796}{4037}$  | $\frac{6963}{3583}$  | $\frac{5119}{2897}$ |
| 3-й год жизни (1977) |                    |                        |                        |                      |                      |                     |
| I                    | $\frac{297}{0}$    | $\frac{3238}{1008}$    | $\frac{4411}{1876}$    | $\frac{2193}{688}$   | $\frac{1887}{0}$     | $\frac{765}{0}$     |
| II                   | $\frac{117}{0}$    | $\frac{1172}{0}$       | $\frac{1484}{0}$       | $\frac{619}{0}$      | $\frac{228}{0}$      | $\frac{270}{0}$     |
| За вегетацию         | $\frac{414}{0}$    | $\frac{4410}{1008}$    | $\frac{5895}{1376}$    | $\frac{2812}{688}$   | $\frac{2155}{0}$     | $\frac{1035}{0}$    |
| 4-й год жизни (1978) |                    |                        |                        |                      |                      |                     |
| I                    | $\frac{336}{0}$    | $\frac{4536}{0}$       | $\frac{6944}{0}$       | $\frac{3472}{0}$     | $\frac{1344}{0}$     | $\frac{784}{0}$     |
| II                   | $\frac{238}{135}$  | $\frac{1524}{990}$     | $\frac{1936}{1566}$    | $\frac{812}{648}$    | $\frac{721}{432}$    | $\frac{326}{150}$   |
| За вегетацию         | $\frac{574}{135}$  | $\frac{6060}{990}$     | $\frac{8880}{1566}$    | $\frac{4284}{648}$   | $\frac{2065}{432}$   | $\frac{1110}{150}$  |

фосфорно-калийных удобрений и практически не изменялся при известковании.

Во все годы проведения опытов на обеих почвах наиболее высокий АСП отмечался в варианте CaPK, причем на окультуренной почве он достигал 9901, а на слабоокультуренной — всего лишь 6115 кг·сут/га (1976 г.). В этих случаях он был ниже ОСП за годы жизни соответственно в 1,4—1,7 и в 2,1—3,5 раза. В контрольном варианте на кислой почве в среднем только 29 % симбиотического потенциала составляла его активная часть, в то же время на окультуренной — 73 %.

Азотные удобрения во все годы приводили к снижению как общего, так и активного симбиотических потенциалов на обеих почвах, причем тем сильнее, чем выше была доза азота. В среднем за три года на окультуренной почве при внесении N<sub>1/3</sub> ОСП снижался в 1,8 раза, N<sub>2/3</sub> — в 3,1 и N<sub>1</sub> — в 4,9 раза, а АСП — соответственно в 1,8; 4,3 и 8,1 раза по сравнению с этими показателями в варианте CaPK. С увеличением возраста растений азотные удобрения в большей степени подавляли симбиотическую деятельность. Если на 2-й и 3-й годы жизни минеральный азот в дозе N<sub>1</sub> снижал ОСП на слабоокультуренной почве в 2,7—5,9 раза, то на 4-й год — в 8 раз; на окультуренной почве эта разница еще более существенна — соответственно в 5—4,2 и 20 раз. В вариантах N<sub>2/3</sub> и N<sub>1</sub> на окультуренной почве АСП на 4-м году жизни растений полностью отсутствовал, а на слабоокультуренной снизился в 8—19 раз и не имел практического значения в питании растений.

Симбиотический потенциал люцерны при различной влагообеспеченности (сырых клубеньков кг.сут/га) на слабокультуренной почве

| Вариант              | ОСП                       |                              | АСП                       |                              |
|----------------------|---------------------------|------------------------------|---------------------------|------------------------------|
|                      | влагообеспеченность       |                              |                           |                              |
|                      | нормальная,<br>1976, 1978 | недостаточная,<br>1975, 1977 | нормальная,<br>1976, 1978 | недостаточная,<br>1975, 1977 |
| Контроль             | 1 525                     | 338                          | 499                       | 33                           |
| Са                   | 8 406                     | 2529                         | 3104                      | 564                          |
| СаРК                 | 11 362                    | 3303                         | 3840                      | 1009                         |
| СаРКN <sub>1/3</sub> | 6 540                     | 1663                         | 2342                      | 393                          |
| СаРКN <sub>2/3</sub> | 4 914                     | 1364                         | 2007                      | 51                           |
| СаРКN <sub>1</sub>   | 3 120                     | 830                          | 1524                      | 52                           |

Размеры ОСП и АСП в значительной мере зависели от влажности почвы. В годы с недостаточной влагообеспеченностью на слабокультуренной почве в варианте СаРК ОСП был меньше в 2,3, а АСП — в 4,4 раза, чем в годы с нормальным увлажнением (табл. 4). Однако и при низкой влажности почвы в вариантах с известкованием и внесением фосфорно-калийных удобрений как общий, так и активный симбиотические потенциалы возрастали значительно сильнее, чем в годы с нормальным увлажнением. Так, если в 1976, 1978 гг. в варианте СаРК АСП увеличился в 7,5, то в 1975 и 1977 гг. — в 31 раз. Это свидетельствует о способности клубеньковых бактерий на известкованных и удобренных почвах накапливать леггемоглобин в клубеньках и усваивать азот атмосферы даже при обеспеченности влагой ниже 47—60 % наименьшей влагоемкости, т. е. тогда, когда на неизвесткованной почве азотфиксация уже не происходит.

В условиях недостатка влаги применение азотных удобрений приводит к снижению симбиотического потенциала люцерны в десятки раз быстрее, чем в годы с хорошим увлажнением почвы. В 1975, 1977 гг. АСП в варианте СаРКN<sub>1</sub> был в 19 раз ниже, чем в варианте СаРК, а в 1976 и 1978 гг. — всего лишь в 2,5 раза.

### Заключение

Продолжительность общего и активного симбиоза люцерны с *Rhizobium*, общий и активный симбиотические потенциалы на окультуренной почве были значительно выше, чем на слабокультуренной. Известкование и фосфорно-калийные удобрения способствовали резкому повышению этих показателей на слабокультуренной и незначительному повышению — на окультуренной почвах. Внесение азотных удобрений в дозах 33—165 кг/га под укос во все годы опытов независимо от обеспеченности растений теплом и влагой приводило к снижению активного симбиотического потенциала, и тем сильнее, чем выше доза азота. В засушливые годы высокие дозы азота полностью подавляли фиксацию азота воздуха.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Гукова М. М. Особенности питания бобовых растений свободным и связанным азотом. — Автореф. докт. дис. М., 1974.—
2. Кашин М. А. Применение азотных удобрений под люцерну в зависимости от эффективности бобоворизобияльного симбиоза. — Автореф. канд. дис. М., 1976.—
3. Мишустин Е. Н., Шильникова В. К. Биологическая фиксация атмосферного азота. М.: Наука, 1968. — 4. Мишустин Е. Н., Шильникова В. К. Клубеньковые бактерии и инокуляционный процесс. М.: Наука, 1973. — 5. Посыпанов Г. С., Князева Л. Д. К мето-

дике определения количества симбиотически фиксированного азота воздуха. — Изв. ТСХА, 1975, вып. 6, с. 41—46. — 6. Посыпанов Г. С., Кашин М. А. Влияние минерального азота на химический состав люцерны. — Докл. ТСХА, 1976, вып. 219, с. 20—24. — 7. Посыпанов Г. С., Чернова В. И. Влияние минеральных удобрений на рост и развитие люцерны в ус-

ловиях Коми АССР. — Изв. ТСХА, 1978, вып. 2, с. 60—64. — 8. Посыпанов Г. С., Чернова В. И. Формирование симбиотического аппарата люцерны в условиях Коми АССР. — Изв. ТСХА, 1980, вып. 1, с. 32—36. — 9. Теплякова З. Ф., Карагуйшева Д. Применение бактериальных удобрений в Казахстане. Алма-Ата: Изд-во АН КазССР, 1955.

*Статья поступила 27 апреля 1981 г.*

#### SUMMARY

Experiments with Severnaja gibridnaja 69 variety of alfalfa were conducted on cultivated and slightly cultivated podzolic soils of the Komi Autonomous Republic in 1975—1978. It is found that the values of all characteristics of symbiotic activity of the stands are much higher on the cultivated soil than on the slightly cultivated one; that liming and application of phosphoric-potassium fertilizers raise the total and symbiotic potential on the slightly cultivated soil much more than on the cultivated soil and that the higher is the rate of nitrogen in nitrogenous fertilizers the more they suppress the symbiosis.