

УДК 631.811.1:2:3

UDC 631.811.1:2:3

4.1.1. Общее земледелие и растениеводство
(биологические науки, сельскохозяйственные
науки)

4.1.1. General agriculture and crop production
(biological sciences, agricultural sciences)

**СИМБИОТИЧЕСКАЯ СПОСОБНОСТЬ СОИ
ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ БИОЛОГИЧЕСКИХ
ПРЕПАРАТОВ**

**THE SYMBIOTIC ABILITY OF SOYBEANS
WHEN USING BIOLOGICAL PREPARATIONS**

Шамси Мохаммад Ариф
аспирант

Shamsi Mohammad Arif
postgraduate student

Клостер Наталья Ивановна
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Kloster Natalia Ivanovna
Candidate of agricultural Sciences, associate Professor

Азаров Владимир Борисович
доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Vladimir Borisovich Azarov
Doctor of agricultural Sciences, Professor

Лоткова Виктория Викторовна
студентка
*Белгородский государственный аграрный
университет им. В.Я. Горина, Белгород, Россия*

Lotkova Victoria Viktorovna
student
*Belgorod state agrarian University named after V. Ya.
Gorin, Belgorod, Russia*

В статье представлены результаты исследования по изучению влияния биологических препаратов, содержащих культуры бактерий, на показатели азотфиксирующей способности сои в условиях Центрально-Чернозёмной зоны России. Доказано, что использование препаратов активных штаммов клубеньковых бактерий совместно с минеральными удобрениями в умеренных дозах, стабилизируют азотный фонд почвы и увеличивают азотфиксирующую способность сои при общем благоприятном развитии растений в период вегетации

The article presents the results of a study on the influence of biological preparations containing bacterial cultures on the dynamics of mineral nitrogen reserves in the soil and indicators of nitrogen-fixing ability of soybeans in the conditions of the Central Chernozem zone of Russia. It is proved that the use of preparations of active strains of nodule bacteria together with mineral fertilizers in moderate doses, stabilize the nitrogen fund of the soil and increase the nitrogen-fixing ability of soybeans with the overall favorable development of plants during the growing season

Ключевые слова: СОЯ, БИОЛОГИЧЕСКИЕ
ПРЕПАРАТЫ, МИНЕРАЛЬНЫЙ АЗОТ,
АЗОТФИКСАЦИЯ

Keywords: SOY, BIOLOGICAL PREPARATIONS,
MINERAL NITROGEN, NITROGEN FIXATION

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-188-018>

Современное сельскохозяйственное производство осуществляется в условиях интенсификации технологий возделывания сельскохозяйственных культур, возрастающих экологических нагрузках на агроценозы и обязательных требованиях повышения продуктивности и получения дополнительных объемов растениеводческой продукции. В условиях Белгородской области, где фиксируется высочайшая концентрация отрасли животноводства, требующая всё возрастающих масс кормов высокого качества, вопросы совершенствования технологий

<http://ej.kubagro.ru/2023/04/pdf/18.pdf>

возделывания культур, являющихся основной кормовой базой, стоят наиболее остро. В этой связи меры агрохимического плана, призванные увеличить продуктивность сои, как высокобелковой, питательной культуры, должны опираться на прочный научно-обоснованный фундамент, сочетающий высокую эффективность, экологичность и адекватную рентабельность агротехнологий [5].

Культура сои, достаточно деликатная в вопросах минерального питания, требует особого подхода в построении системы удобрения и применении биологически активных препаратов [1,2]. Усилия учёных были сосредоточены на узком сегменте применяемых средств без учёта мультифакторного воздействия на растения сои и взаимодействие между собой [3,4,6]. Таким образом, наши исследования, призванные установить зависимость фонов минерального питания различной интенсивности, обработки семенного материала Нитрагином, вегетирующих растений препаратами Биогор и метаболиком в различных дозах и сочетаниях на азотфиксирующую способность сои представляются особенно актуальными.

Цель исследований – обоснование и совершенствование агротехнологии возделывания сои в условиях юго-запада ЦЧЗ, обеспечивающей повышение уровня азотфиксации.

Нами изучено влияние обработок посевов перспективной культуры сои в почвенно-климатических условиях Центрально-Черноземного региона. На чернозёме типичном среднесуглинистого гранулометрического состава выявлено влияние биологических препаратов и минеральных удобрений с разной нормой внесения на азотфиксирующую способность бобово-ризобиального комплекса сои.

Полевой опыт заложен в юго-западной части Центрально-Черноземного региона России на черноземе типичном среднемощном тяжелосуглинистом с содержанием гумуса 5 % и близкой к нейтральной

реакцией среды.

Количество факторов опыта – 2.

Фактор А – биологический препарат. В опыте проводится исследование эффективности препаратов Биогор КМ, Нитрагин КМ и Метаболик .

В качестве метаболистического препарата выступали микроудобрения, содержащие набор элементов, специально разработанных для сои. В разные годы использовались препараты различных торговых марок со сходными агрохимическими характеристиками.

Фактор Б – фон минерального питания.

Площадь учетной делянки: 50 м².

Повторность трехкратная.

1. Контроль.
2. Обработка семян Биогор КМ, 1000 г/гектарную норму семян.
3. Обработка семян Нитрагином КМ, 90 г/гектарную норму семян.
4. Обработка семян смесью Нитрагин КМ, 90 г/га + Биогор КМ, 1000 г/га.
5. Обр-ка семян Нитрагином КМ, 90 г/га + лист. обр-ка Биогором Развитие, 1 л/га, в фазу 1-3 тройч. листьев.
6. Обр-ка семян Нитрагином КМ, 90 г/га + 2 лист. обр-ки: Биогором Развитие, 1 л/га, в фазу 1-3 тройч. листьев; Биогором Развитие, 1 л/га в фазу бут.-цветения .
7. Обр-ка семян Нитрагином КМ, 90 г/га + 3 лист. обр-ки: Биогором Развитие, 1 л/га, в фазу 1-3 узлов; Биогором Развитие, 1 л/га, в фазу бут.- цветения; Биогором Финиш, 1 л/га в фазу налива зерна.
8. Обр-ка семян Нитрагином КМ, 90 г/га + лист. обр-ка Метаболиком, 1 л/га, в фазу 1-3 тр. листьев.

9. Обр-ка семян Нитрагином КМ, 90 г/га + 2 лист. обр-ки: Метаболиком, 1 л/га, в фазу 1-3 тр. листьев; Метаболиком, 1 л/га в фазу бут.-цветения.

10. Обр-ка семян Нитрагином КМ, 90 г/га + 3 лист. обр-ки: Метаболиком, 1 л/га, в фазу 1-3 тр. листьев; Метаболиком, 1 л/га, в фазу бутонизации-цветения; Метаболиком, 1 л/га в фазу налива зерна.

Варианты с биологическими препаратами накладываются на четыре фона минерального питания: низкий- без удобрений, средний $N_{60}P_{60}K_{60}$, повышенный $N_{120}P_{120}K_{120}$ и высокий $N_{60}P_{60}K_{60} + N_{70}$.

Семена сои содержат одно из самых высоких среди культурных растений значение уровня белка, предопределяющее высокую потребность культуры в азоте, которая в значительном мере удовлетворяется за счет симбиотической азотфиксации, являющейся продуктом жизнедеятельности специфической группы клубеньковых бактерий. Эффективность деятельности бобово-ризобияльного симбиоза зависит от величины и активности составляющих их основу микробиологического сообщества, объединенного на корнях сои в шаровидно-овальные образования, получившие название по аналогии с картофельным клубнем. Таким образом, количество и масса клубеньков на одно растение сои с последующем пересчётом на площадь возделывания является интегральным показателем эффективности азотфиксации.

Мы в своей диссертационной работе изучили динамику формирования клубеньков на всех вариантах опыта по четырем основным срокам вегетации сои.

В условиях обработки семян сои инокулянтами, содержащими активные штаммы микроорганизмов различия с контрольными вариантами стали проявляться уже с первого срока отбора (табл. 1).

Так, на вариантах без использования удобрений отмечено незначительное увеличение количества клубеньков до 15 шт. к началу

плодообразования, при массе 75 мг/растение. По вариантам с обработками биологическими препаратами в принципе отмечается схожая динамика, выражающаяся в резком количестве более чем в 2 раза количества клубеньков от фазы третьего листа до начала ветвления. Причем в этом случае масса клубеньков резко возрастает, достигая по некоторым сочетаниям обработки 1,5 г/растение. Лучшим по нарастанию клубеньков на низком фоне минерального питания являлась обработка семенного материала Биогором и Нитрагином при их совместном использовании. Обращает на себя внимание также факт некоторого уменьшения клубеньковой активности на делянках с обработками метаболическими препаратами. На вариантах с индексом 8,9 и 10 количество и масса клубеньков в 1,5-2 раза снижались по сравнению с обработкой препаратами серии Биогор.

В период с цветения до плодообразования количество клубеньков практически не изменилось, однако заметно увеличивается их масса.

Также важным показателем эффективности симбиотической азотфиксации является цвет клубеньковых образований, зависящий от содержания в них леггемоглобина. Для фиксации атмосферного азота обязательным требованием является активность клубеньков, т.е. содержание в них специфического вещества- леггемоглобина, придающего им розовую окраску.

Таблица 1- Количество (числитель) и масса (знаменатель) клубеньков под посевами сои в зависимости от изучаемых факторов.

Низкий фон питания. Средние данные 2020-2022 гг.

| Варианты опыта | 3 лист | Ветвление | Цветение | Плодообразование |
|---|--------|-----------|----------|------------------|
| Контроль | 0/0 | 4/15 | 12/63 | 15/75 |
| Биогор КМ | 12/89 | 32/789 | 48/1356 | 56/1798 |
| Нитрагин КМ (Н) | 18/200 | 45/993 | 43/1012 | 37/904 |
| Нитрагин+Биогор обр. семян | 16/177 | 52/1566 | 64/2035 | 59/1899 |
| Н+ Биогор 1 обр. | 16/151 | 42/864 | 37/821 | 41/890 |
| Н+ Биогор 2 обр. | 13/130 | 39/793 | 45/894 | 49/1008 |
| Н+ Биогор 3 обр. | 15/188 | 40/562 | 48/794 | 61/1533 |
| Н+Метаболик 1 обр. | 10/115 | 35/668 | 31/701 | 30/714 |
| Н+Метаболик 2обр. | 11/124 | 37/700 | 36/738 | 34/722 |
| Н+Метаболик 3 обр. | 12/133 | 32/669 | 30/707 | 37/805 |
| НСР ₀₅ по количеству 11 шт, по массе 55 г. | | | | |

Концентрация леггемоглобина тесно коррелирует с количеством фиксированного азота воздуха и является главным показателем активности штамма симбиотических микроорганизмов. Необходимо отметить, что леггемоглобин присутствует только в активных клубеньках.

При визуальном анализе имеющихся на корнях бобовых клубеньков нами отмечено постепенная интенсификация розового окраса по мере прохождения вегетации сои. Необходимо также отметить, что в фазах цветение- плодообразование по размеру клубеньки были гораздо крупнее, овально-удлиненной формы, размещающиеся в основном на крупных корнях в слое почвы до 25 см.

По результатам исследований клубеньков на корнях сои можно сделать главный вывод о том, что лимитирующим фактором клубеньковообразования является фон минерального питания, т.е. количество вносимых под сою минеральных удобрений.

В процессе изучения количества и массы клубеньков на растениях сои на среднем фоне минерального питания отмечается, что данный вариант удобренности для растений сои наиболее предпочтителен с точки зрения клубеньковой активности (табл. 2).

Клубеньки на корневой системе растений сои в фазах цветения и, особенно, плодообразования имели крупный размер, интенсивный светло-красный цвет и густо засевали корневую систему. Масса клубеньков на вариантах с совместным применением препаратов Биогор и обработки семян сои Нитрагином достигала 2,5-3 г на одно растение, что является лучшим показателем по всем вариантам опыта.

Высокий фон минерального питания растений сои, при котором под эту культуру вносится по 120 кг/га действующего вещества азотных удобрений значительно ингибирует симбиотическую активность бобово-ризобиального комплекса сои.

Таблица 2- Количество (числитель) и масса (знаменатель) клубеньков под посевами сои в зависимости от изучаемых факторов.

Средний фон питания. Средние данные 2020-2022 гг.

| Варианты опыта | 3 лист | Ветвление | Цветение | Плодообразование |
|--|--------|-----------|----------|------------------|
| Контроль | 0/0 | 2/10 | 21/101 | 24/123 |
| Биогор КМ | 5/39 | 46/710 | 44/1190 | 69/2032 |
| Нитрагин КМ (Н) | 20/30 | 51/804 | 64/713 | 82/2732 |
| Нитрагин+Биогор обр. семян | 17/26 | 66/1322 | 79/1911 | 92/2924 |
| Н+ Биогор 1 обр. | 15/23 | 59/1114 | 73/1722 | 89/2511 |
| Н+ Биогор 2 обр. | 13/21 | 69/1419 | 81/2003 | 104/3377 |
| Н+ Биогор 3 обр. | 19/32 | 70/1600 | 88/2325 | 93/2728 |
| Н+Метаболик 1 обр. | 17/27 | 50/702 | 53/990 | 60/1122 |
| Н+Метаболик 2обр. | 16/26 | 43/513 | 51/724 | 55/823 |
| Н+Метаболик 3 обр. | 16/22 | 47/663 | 57/1101 | 66/1623 |
| НСР ₀₅ по количеству 15 шт, по массе 144 г. | | | | |

Величины, полученные при таком уровне минерального питания значительно ниже даже вариантов без внесения удобрений (табл. 3).

Количество клубеньков даже на вариантах, где использовалась инокуляция семян сои штаммами азотфиксирующих микроорганизмов, не превышало 15-30 единиц при общей массе 40-80 мг/растение. Цвет клубеньков варьировался от серого до светло-розового, что говорит об их низкой активности. Расположение клубеньков также претерпело значительные изменения. На высоком фоне питания они располагались по всей площади корневой системы, включая мелкие, относительно глубокозалегающие корни. Таким образом, минеральные удобрения,

внесенные под сою в повышенных дозах привели к затуханию симбиотической активности и способствовали переходу сои на минеральный тип питания.

Интенсивный фон минерального питания с использованием весеннего внесения 70 кг/га азота полностью подавил способность растений сои к природной фиксации атмосферного азота корневой системой.

Таблица 3- Количество (числитель) и масса (знаменатель) клубеньков под посевами сои в зависимости от изучаемых факторов.

Высокий фон питания. Средние данные 2020-2022 гг.

| Варианты опыта | 3 лист | Ветвление | Цветение | Плодообразование |
|--|--------|-----------|----------|------------------|
| Контроль | 2/10 | 4/18 | 6/25 | 7/34 |
| Биогор КМ | 4/19 | 10/34 | 15/56 | 16/63 |
| Нитрагин КМ (Н) | 6/26 | 7/30 | 22/60 | 15/53 |
| Нитрагин+Биогор обр. семян | 5/22 | 10/35 | 19/50 | 21/64 |
| Н+ Биогор 1 обр. | 3/16 | 14/40 | 15/51 | 10/48 |
| Н+ Биогор 2 обр. | 4/20 | 18/50 | 22/66 | 19/54 |
| Н+ Биогор 3 обр. | 7/31 | 15/61 | 30/89 | 17/60 |
| Н+Метаболик 1 обр. | 5/20 | 11/73 | 24/79 | 19/88 |
| Н+Метаболик 2обр. | 4/19 | 13/65 | 20/57 | 23/62 |
| Н+Метаболик 3 обр. | 5/21 | 16/60 | 19/55 | 20/59 |
| НСР ₀₅ по количеству 3 шт, по массе 17 г. | | | | |

Если на фонах питания, предусматривающих только осеннее внесение удобрений мы в большей или меньшей степени могли констатировать положительное влияние обработок биологическими препаратами, то при чрезмерном избыточном минеральном питании даже

привнесенные извне активные культуры клубеньковых бактерий не смогли показать свою эффективность.

По данным таблицы 4 мы можем зафиксировать единичные мелкие клубеньки на корнях сои, мелкие, серого с буроватым оттенком цвета. Активность данных клубеньков в плане фиксации азота атмосферы и перевода его в доступные для растений формы практически нулевая.

В варианте с интенсивным фоном минерального питания мы наблюдаем в своих исследованиях яркую картину нерационального использования тех природных возможностей, используя которые мы могли бы значительно сэкономить материальные затраты на возделывание сои, повысить эффективность производства этой ценной бобовой культуры и значительно сократить использование промышленных дорогостоящих минеральных азотных удобрений.

Таблица 4- Количество (числитель) и масса (знаменатель) клубеньков под посевами сои в зависимости от изучаемых факторов.

Интенсивный фон питания. Средние данные 2020-2022 гг.

| Варианты опыта | 3 лист | Ветвление | Цветение | Плодообразование |
|--|--------|-----------|----------|------------------|
| Контроль | 3/15 | 3/10 | 4/12 | 6/20 |
| Биогор КМ | 3/13 | 7/22 | 9/28 | 6/24 |
| Нитрагин КМ (Н) | 4/16 | 5/20 | 6/22 | 3/19 |
| Нитрагин+Биогор обр. семян | 2/8 | 4/14 | 4/17 | 6/26 |
| Н+ Биогор 1 обр. | 5/20 | 7/20 | 3/16 | 6/30 |
| Н+ Биогор 2 обр. | 3/11 | 6/19 | 2/13 | 3/17 |
| Н+ Биогор 3 обр. | 4/15 | 3/16 | 4/20 | 5/24 |
| Н+Метаболик 1 обр. | 5/19 | 5/22 | 3/19 | 5/25 |
| Н+Метаболик 2обр. | 6/22 | 6/25 | 2/16 | 4/21 |
| Н+Метаболик 3 обр. | 4/13 | 3/15 | 4/17 | 5/20 |
| НСР ₀₅ по количеству 2 шт, по массе 11 г. | | | | |

Конечным показателем, определяющим общую симбиотическую активность культуры является активный симбиотический потенциал, зависящий не только от массы, но и продолжительности жизнедеятельности клубеньков, особенно активных его форм. В нашем опыте данная величина значительно изменялась в зависимости от применяемых биологических препаратов и, особенно, от фона минерального питания растений сои (табл. 5).

Данная расчетная величина в наших исследованиях прямо коррелировала с такими показателями, как количество клубеньков на растении и их масса. Так, при низком фоне питания, т.е. без внесения удобрений активный симбиотический потенциал изменялся от 405 до 5655 кг/сут в пересчете на вегетацию.

Таблица 5- Активный симбиотический потенциал сои в зависимости от изучаемых факторов. кг/сут за вегетацию, Средние данные 2020-2022 гг.

| Варианты опыта | Низкий фон питания | Средний фон питания | Высокий фон питания | Интенсивный фон питания |
|----------------------------|--------------------|---------------------|---------------------|-------------------------|
| Контроль | 566 | 1033 | 423 | 59 |
| Биогор КМ | 2405 | 4563 | 845 | 55 |
| Нитрагин КМ (Н) | 3224 | 6894 | 721 | 21 |
| Нитрагин+Биогор обр. семян | 4401 | 7254 | 804 | 61 |
| Н+ Биогор 1 обр. | 3568 | 6990 | 426 | 14 |
| Н+ Биогор 2 обр. | 2951 | 10119 | 690 | 29 |
| Н+ Биогор 3 обр. | 5655 | 8255 | 782 | 39 |
| Н+Метаболик 1 обр. | 1244 | 2014 | 699 | 19 |
| Н+Метаболик 2обр. | 1380 | 1788 | 527 | 22 |
| Н+Метаболик 3 обр. | 1394 | 2531 | 500 | 20 |

Средний фон питания, как самый оптимальный для развития симбиотической активности, показал значительные величины активного симбиотического потенциала, достигающего до 10 тыс кг/сут на гектар за вегетацию, что составляет около 70 % всей потребности растений сои в азоте.

Высокий, а в особенности, интенсивные фоны минерального питания практически свели на нет активный симбиотический потенциал сои. В этих вариантах независимо от применения биологических препаратов данная величина была крайне незначительна, полностью переводя сою на расходование почвенных запасов азота и питательных веществ удобрений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вавилов П.П., Посыпанов Г.С. Бобовые культуры и проблема растительного белка. М., 1983. 64 с.
2. Родионов В.Я., Клостер Н.И. Удобрения в современной земледелии/ В.Я. Родионов.- Белгород, 2013.- 213 с.
3. Георгиу, В. Основные формы ризосферных бактерий сои, их физиологические особенности и взаимоотношения с клубеньковыми бактериями сои и растением : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук / Георгиу Валентин. – Москва, 1956. – 22 с.
4. Азаров Б. Ф., Акулов П. Г., Азаров В. Б., Соловиченко В. Д. Вклад симбиотического азота бобовых в плодородие почв центрального Черноземья // Достижения науки и техники АПК. 2008. №9.
5. Клостер Н.И., Азаров В.Б., Лоткова В.В. Органические удобрения: Монография- Белгород: «Отчий край», 2022.- 216 с.
6. Резвякова С.В., Гурин А.Г., Ревин Н.Ю., Резвякова Е.С. Приемы повышения продуктивности и экологической устойчивости растений на биологической основе / Экономические и гуманитарные науки. 2017. С. 179.

References

1. Vavilov P.P., Posypanov G.S. Bobovy`e kul`tury` i problema rastitel`nogo belka. M., 1983. 64 s.
2. Rodionov V.Ya., Kloster N.I. Udobreniya v sovremennom zemledelii/ V.Ya. Rodionov.- Belgorod, 2013.- 213 s.
3. Georgiu, V. Osnovny`e formy` rizoferny`x bakterij soi, ix fiziologicheskie osobennosti i vzaimootnosheniya s kluben`kovy`mi bakteriyami soi i rasteniem : avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni kandidata biologicheskix nauk / Georgiu Valentin. – Moskva, 1956. – 22 s.
4. Azarov B. F., Akulov P. G., Azarov V. B., Solovichenko V. D. Vklad simbioticheskogo azota bobovy`x v plodorodie pochv central`nogo Chernozem`ya // Dostizheniya nauki i tehniki APK. 2008. №9.

5. Kloster N.I., Azarov V.B., Lotkova V.V. Organicheskie udobreniya: Monografiya-Belgorod: «Otchij kraj», 2022.- 216 s.

6. Rezvyakova S.V., Gurin A.G., Revin N.Yu., Rezvyakova E.S. Priemy` povы`sheniya produktivnosti i e`kologicheskoy ustojchivosti rastenij na biologicheskoy osnove / E`konomicheskie i gumanitarny`e nauki. 2017. S. 179.