

ПОВЫШЕНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ И КОРМОВОЙ ЦЕННОСТИ ЗЕРНА СОИ НА ОСНОВЕ ОПТИМИЗАЦИИ БИОЛОГИЧЕСКОЙ АЗОТФИКСАЦИИ В ТЕХНОЛОГИЯХ СОЕВОДСТВА

Бельшикина Марина Евгеньевна, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории инновационных технологий и оборудования для переработки продукции растениеводства

Кобозева Тамара Петровна, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник лаборатории инновационных технологий и оборудования для переработки продукции растениеводства

Загоруйко Михаил Геннадьевич, кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории переработки и хранения продукции растениеводства

ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»

109428, г. Москва, 1-й Институтский проезд, 5

e-mail: vimsoya@yandex.ru

Ключевые слова: соя, сорт, симбиоз, симбиотическая азотфиксация, активный симбиотический потенциал посева, инокуляция, ризоторфин, штамм клубеньковых бактерий, фотосинтетический потенциал посева, урожайность, белок, незаменимые аминокислоты, жир, ненасыщенные жирные кислоты, кормовые единицы.

В статье представлены результаты исследований по влиянию инокуляции семян сои разными штаммами (605а, 634б, АС-17) клубеньковых бактерий на продуктивность и кормовую ценность сортов и форм сои северного экотипа (сорта Магева, Окская, Светлая, форма М-52). Целью исследований было обосновать эффективность приема инокуляции семян клубеньковыми бактериями *Rhizobium japonicum* в технологиях соеводства в условиях Центрального Нечерноземья, выявить комплементарные пары макро и микросимбионтов, обеспечивающих максимальную продуктивность, качество урожая и азотфиксирующую активность агроценоза сои при симбиотрофном типе питания азотом. Установлено, что предпосевная инокуляция семян в почвенно-климатических условиях Центрального Нечерноземья при отсутствии в почве аборигенной азотфиксирующей микрофлоры является эффективным приемом регулирования уровня симбиотической азотфиксации и продукционного процесса у сои. В среднем по опыту прием обеспечил достоверное увеличение урожайности: у сорта Магева – на 0,27 (с 2,22 до 2,49 т/га), у сорта Окская – на 0,25 т/га (с 2,36 до 2,61 т/га), у сорта Светлая – на 0,40 т/га (с 2,61 до 3,01 т/га), у формы М-52 – на 0,45 т/га (с 2,73 до 3,18 т/га); сбор кормовых единиц с урожаем семян: у сорта Магева – на 0,29 (с 3,06 до 3,35 т/га), у сорта Окская – на 0,31 т/га (с 3,25 до 3,56 т/га), у сорта Светлая – на 0,54 т/га (с 3,61 до 4,15 т/га), у формы М-52 – на 0,63 т/га (с 3,76 до 4,39 т/га); при этом количество симбиотически фиксированного азота варьировало от 99 до 178 кг/га (в среднем 135 кг/га), его доля в общем потреблении от 55 до 80 % (в среднем 71 %). Выявлено достоверное преимущество штамма АС-17 перед штаммами 605а и 634б в сочетании с сортом Светлая и формой М-52. Разница между этими вариантами составила: по урожайности (соответственно) – 0,18–0,22 т/га и 0,17–0,25 т/га; сбору белка – 72–74 и 35–98 кг/га; сбору незаменимых аминокислот – 45–49 и 62–50 кг/га; сбору жира – 34–76 и 50–80 кг/га; сбору ненасыщенных жирных кислот – 20–44 и 20–44 кг/га; выходу кормовых единиц – 0,19–0,24 т/га и 0,35–0,39 т/га; количеству симбиотически фиксированного азота – 32–44 кг/га, его доли в общем потреблении – 11–17 %, что подтверждает перспективность подбора комплементарных пар макро и микросимбионтов для повышения эффективности инокуляции в технологиях соеводства.

Введение

Биологическая азотфиксация является экологически безопасным процессом вовлечения свободного азота атмосферы в круговорот вещества и энергии на Земле и по своему масштабу сопоставима с фотосинтезом. Свыше 90 % азота пахотных почв и почти весь запас азота естественных экосистем планеты является результатом биологической азотфиксации. Использование биологического азота снижает затраты на производство и применение азотных минеральных удобрений существенно умень-

шает загрязнение азотсодержащими соединениями почв, природных вод и атмосферы [1, 2].

Стратегию вовлечения биологического азота в земледелие еще в 1945 году предопределил Д.Н. Прянишников: «Азот технический всегда дороже азота клевера и навоза, поэтому даже в странах с высокоразвитой промышленностью не ему принадлежит главная роль в снабжении сельскохозяйственных растений азотом, а азоту биологическому». При этом в общем балансе биологического азота основную долю составляет азот, фиксированный клубеньковы-

ми бактериями на корнях бобовых растений и только одна треть приходится на азот, фиксированный ассоциативными микроорганизмами в ризосфере небобовых растений [3–5].

Таким образом, важнейшей задачей агрономии является создание условий для максимальной активности бобоворизобияльного симбиоза с учетом особенностей почвы, климата, культуры, сорта и штамма клубеньковых бактерий [6], что является залогом ресурсосбережения и экологизации сельскохозяйственного производства и входит в приоритетную составляющую современной стратегии природопользования, направленную на обеспечение животноводства отечественными кормами на основе широкого внедрения высокопродуктивных сортов бобовых культур, среди которых одно из ведущих мест занимает соя [7–9].

За последние три десятилетия соя широко распространилась в европейской части России, впервые обогнав по площади посевов Дальний Восток. Посевные площади под культурой возросли с 0,5 до 3,5 млн га, средняя урожайность с 0,6 до 1,8 т/га, валовой сбор зерна с 0,3 до 5,4 млн т [10, 11].

Благодаря созданию сортов северного экотипа на фоне глобального потепления климата существенно расширился ареал возделывания культуры, в том числе за счет более северных регионов, включая Южную и Центральную часть Нечерноземной зоны.

Поскольку в новых районах соеяния в почвах отсутствует специфичная для сои аборигенная азотфиксирующая микрофлора, важным агротехническим приемом ее возделывания и, как следствие, существенного повышения урожайности, белковой продуктивности и кормовой ценности является искусственная инокуляция семян перед посевом специфичным, вирулентным, активным штаммом клубеньковых бактерий *Rhizobium japonicum* [12, 13].

Между величиной и активностью симбиотического аппарата, уровнем урожая и его качеством существует тесная прямая корреляция. Однако, при разработке инокулянтов упущено важное звено, а именно, подбор комплиментарной пары макро и микросимбионта, поскольку специфичность клубеньковых бактерий может быть не только видовой, но и сортовой [14, 15].

Цель исследований – обосновать эффективность приема инокуляции семян клубеньковыми бактериями *Rhizobium japonicum* в технологиях соеводства в условиях Центрального Нечерноземья, выявить комплиментарные пары

макро- и микросимбионтов, обеспечивающих максимальную продуктивность, качество урожая и азотфиксирующую активность агроценоза сои при симбиотрофном типе питания азотом.

Материалы и методы исследований

Полевые опыты проведены в период с 2008 по 2021 гг. на опытном поле ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева». В исследования включены сорта сои северного экотипа Магева, Окская, Светлая и форма М-52 (№ каталога ВИР). Оригинаторы сортов и формы – Институт семеноводства и агротехнологий – филиал ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» и ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева».

Оценку эффективности инокуляции семян разными штаммами клубеньковых бактерий проводили в девятипольном севообороте в условиях естественной влагообеспеченности в соответствии со стандартными апробированными методиками [16].

Семена перед посевом инокулировали производственными штаммами клубеньковых бактерий *Rhizobium japonicum* 605 а, 634 б, АС-17 в виде ризоторфина.

Сумма активных температур в годы исследований была достаточной для вызревания посевов (1700–2100 °С). Условия влагообеспеченности складывались благоприятно для сои (гидротермический коэффициент Г.Т. Селянинова варьировал в пределах 0,9–1,1).

Биохимический анализ семян проводился во ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сои (г. Благовещенск) на установке NIR-42.

Результаты исследования

В ходе проведенных исследований установлено, что в условиях, благоприятных по влагообеспеченности соя сформировала оптимальный активный симбиотический потенциал (АСП – произведение средней массы активных клубеньков в кг/га на продолжительность активного симбиоза в днях). В среднем по опыту активный симбиотический потенциал посевов в зависимости от сорта и штамма варьировал от 19075 до 24129 кг × дней/га, фотосинтетический потенциал (ФСР) – от 1773 до 2538 тыс. м² × дней/га, у инокулированных вариантов он был в 1,10–1,12 раза выше по сравнению с вариантами без инокуляции (таблица 1). Максимальными эти показатели были у формы М-52 (АСП – 24122 кг × дней/га, ФСР – 2538 тыс. м² × дней/га) и сорта

Таблица 1

Фотосинтетическая и симбиотическая деятельность посевов сои при симбиотрофном и автотрофном типах питания азотом, в среднем по опыту

Сорт, форма	Вариант			
	Без инокуляции	Штамм 605а	Штамм 6346	Штамм АС-17
Активный симбиотический потенциал посева (АСП), кг × дней/га				
Магева	-	19474	19424	19375
Окская	-	19583	20098	19513
Светлая	-	20608	21689	23170
М-52	-	23419	23619	24122
В среднем	-	20771	21210	21550
Фотосинтетический потенциал посева (ФСП), тыс. м ² × дней/га				
Магева	1773	1931	1929	1943
Окская	1863	2068	2047	2054
Светлая	2084	2242	2299	2302
М-52	2179	2361	2410	2538
В среднем	1975	2175	2221	2184

Светлая (АСП – 23170 кг × дней/га; ФСП – 2302 тыс. м² × дней/га) в варианте со штаммом АС-17.

Урожайность сортов в варианте без инокуляции варьировала от 2,22 т/га до 2,73 т/га, с инокуляцией от 2,46 т/га до 3,18 т/га, максимальной она была у формы М-52, минимальной у сорта Магева, сорта Окская и Светлая занимали промежуточное положение.

Предпосевная инокуляция семян в среднем по сортам (табл. 2) повышала урожайность на 0,22–0,33 т/га (с 2,48 до 2,70–2,81 т/га); сбор белка с урожаем семян – на 112–157 кг/га (с 961 до 1073–1118 кг/га); сбор незаменимых аминокислот – на 72–100 кг/га (с 610 до 682–710 кг/га); сбор жира (табл. 3) – на 41–89 кг/га (с 453 до 494–542 кг/га), сбор ненасыщенных жирных кислот на 25–53 кг/га (с 267 до 292–320 кг/га), кормовых единиц (рис.) – на 0,30–0,46 (с 3,42 до 3,72–3,88 т/га) при уровне симбиотической азотфиксации 132–138 кг/да, что покрывает 60–67 % потребностей растений в азоте (таблица 4).

Выявлено достоверное преимущество по всем показателям продуктивности и качеству урожая штамма АС-17 перед штаммами 605а и 6346 в сочетании с сортом Светлая и формой М-52 (табл. 2, 3, 4, рис.).

Превышение показателей продуктивности в варианте со штаммом АС-17 над вариантами со штаммами 605а и 6346 у сорта Светлая и формы М-52 составила: по урожайности (соответственно) – 0,18–0,22 т/га и 0,17–0,25 т/га;

Таблица 2

Урожайность, сбор белка и незаменимых аминокислот с урожаем семян сои при автотрофном и симбиотрофном типах питания азотом, в среднем по опыту

Сорт, форма	Вариант			
	Без инокуляции	Штамм 605а	Штамм 6346	Штамм АС-17
Урожайность, т/га				
Магева	2,22	2,46	2,49	2,47
Окская	2,36	2,58	2,61	2,59
Светлая	2,61	2,83	2,81	3,01
М-52	2,73	2,93	3,06	3,18
В среднем	2,48	2,70	2,75	2,81
НСР ₀₅ , т/га: сортов – 0,14; штаммов – 0,12; частных различий – 0,16				
Сбор белка, кг/га				
Магева	866	984	996	988
Окская	898	1006	1017	1010
Светлая	1044	1160	1162	1234
М-52	1037	1142	1191	1240
В среднем	961	1073	1095	1118
НСР ₀₅ , кг/га: сортов – 56; штаммов – 48; частных различий – 64				
Сбор незаменимых аминокислот, кг/га				
Магева	550	625	632	627
Окская	570	639	647	641
Светлая	663	732	739	784
М-52	658	725	755	787
В среднем	610	682	695	710
НСР ₀₅ , кг/га: сортов – 34; штаммов – 24; частных различий – 38				

Таблица 3

Сбор жира и ненасыщенных жирных кислот с урожаем семян сои при автотрофном и симбиотрофном типах питания азотом, в среднем по опыту

Сорт, форма	Вариант			
	Без инокуляции	Штамм 605а	Штамм 6346	Штамм АС-17
Сбор жира, кг/га				
Магева	399	467	473	469
Окская	425	490	492	488
Светлая	469	537	496	571
М-52	519	586	518	636
В среднем	453	520	494	542
НСР ₀₅ , кг/га: сортов – 28; штаммов – 25; частных различий – 32				
Сбор ненасыщенных жирных кислот, кг/га				
Магева	235	276	279	275
Окская	251	280	289	290
Светлая	277	317	293	337
М-52	306	346	306	375
В среднем	267	307	292	320
НСР ₀₅ , кг/га: сортов – 18; штаммов – 16; частных различий – 20				

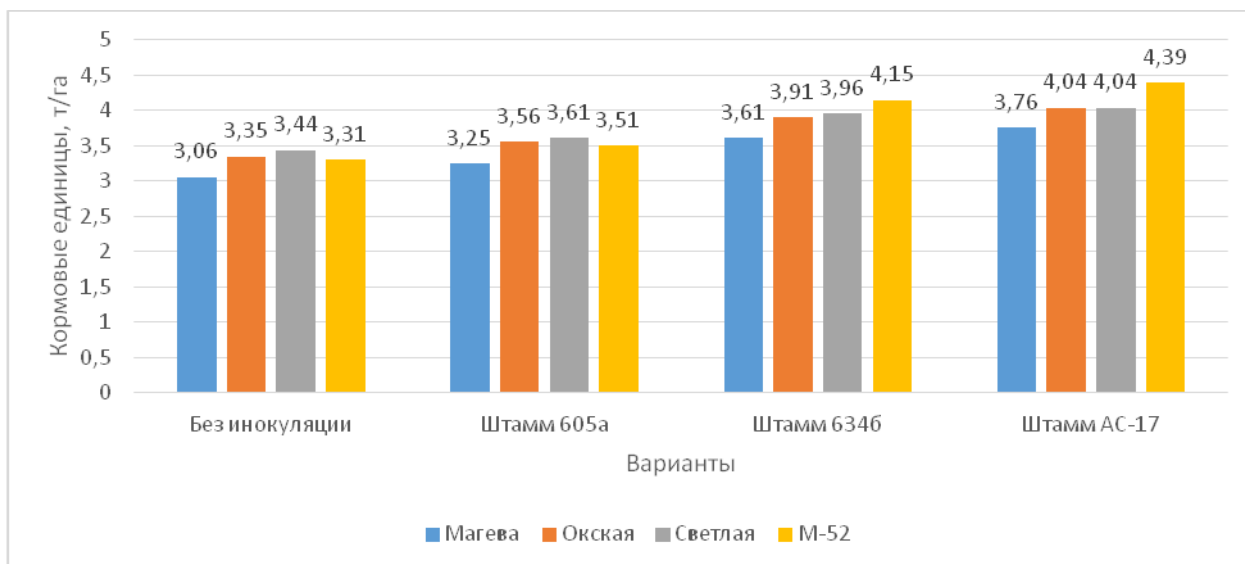


Рис. – Сбор кормовых единиц (т/га) с урожаем семян сои при автотрофном и симбиотрофном типах питания азотом, в среднем за 3 года

Таблица 4

Количество азота, фиксированного из воздуха (кг/га) посевами сои за вегетацию, в среднем по опыту (в числителе – всего, в знаменателе – % от максимального потребления)

Сорт, форма	Вариант			
	Без инокуляции	Штамм 605а	Штамм 6346	Штамм АС-17
Количество азота, фиксированного из воздуха, кг/га				
Магева	0	108	<u>113</u>	<u>101</u>
	0	63	65	59
Окская	<u>0</u>	<u>122</u>	<u>109</u>	<u>99</u>
	0	68	60	55
Светлая	0	<u>120</u>	<u>108</u>	<u>152</u>
	0	61	55	72
М-52	0	<u>133</u>	<u>106</u>	<u>178</u>
	0	65	62	80
В среднем	0	<u>132</u>	<u>136</u>	<u>138</u>
	0	64	60	67

сбору белка – 72–74 и 35–98 кг/га; сбору незаменимых аминокислот – 45–49 и 62–50 кг/га; сбору жира – 34–76 и 50–80 кг/га; сбору ненасыщенных жирных кислот – 20–44 и 29–69 кг/га; выходу кормовых единиц – 0,19–0,24 т/га и 0,35–0,39 т/га количеству симбиотически фиксированного азота – 32–44 кг/га, его доли в общем потреблении – 11–17 %, что подтверждает необходимость подбора комплиментарных пар макро и микросимбиотнтов для повышения эффективности инокуляции в технологиях соеводства (рис. 1, табл. 2–4).

Обсуждение

В условиях Центрального Нечерноземья сорта сои северного экотипа обеспечивают максимальную урожайность – 3,18 т/га; сбор белка

– 1240 кг/га; сбор незаменимых аминокислот 636 кг/га; сбор жира – 636 кг/га; сбор ненасыщенных жирных кислот – 375 кг/га, сбор кормовых единиц 4,39 т/га.

Предпосевная инокуляция семян специфичным, активным, вирулентным штаммом клубеньковых бактерий при отсутствии в почве аборигенной азотфиксирующей микрофлоры в среднем по опыту обеспечивает достоверное увеличение урожайности и кормовой ценности: у сорта Магева – на 0,27 (с 2,22 до 2,49 т/га), у сорта Окская – на 0,25 т/га (с 2,36 до 2,61 т/га), у сорта Светлая – на 0,40 т/га (с 2,61 до 3,01 т/га), у формы М–52 – на 0,45 т/га (с 2,73 до 3,18 т/га); сбор кормовых единиц с урожаем семян: у сорта Магева – на 0,29 (с 3,06 до 3,35 т/га), у сорта Окская – на 0,31 т/га (с 3,25 до 3,56 т/га), у сорта Светлая – на 0,54 т/га (с 3,61 до 4,15 т/га), у формы М–52 – на 0,63 т/га (с 3,76 до 4,39 т/га); количество симбиотически фиксированного азота в среднем составляет 135 кг/га, его доля в общем потреблении – 71 %.

Заключение

Подбор комплиментарной пары макро- и микросимбионта (сорт Светлая, форма М–52 в сочетании со штаммом АС–17) позволяет получить достоверную дополнительную прибавку по урожайности (соответственно по сортам) – 0,18–0,22 т/га и 0,17–0,25 т/га; сбору белка – 72–74 и 35–98 кг/га; сбору незаменимых аминокислот – 45–49 и 62–50 кг/га; сбору жира – 34–76 и 50–80 кг/га; сбору ненасыщенных жирных кислот – 20–44 и 20–44 кг/га; выходу кормовых единиц – 0,19–0,24 т/га и 0,35–0,39 т/га; количеству сим-

биотически фиксированного азота – 32–44 кг/га, его доли в общем потреблении – 11–17 %, что подтверждает перспективность этого приема для повышения эффективности инокуляции в технологиях соеводства.

Библиографический список

1. Завалин, А. А. Биологический и минеральный азот в земледелии России : монография / А. А. Завалин. – Москва : ВНИИ агрохимии им. Д.Н. Прянишникова, 2022. – 256 с. – ISBN 978-5-9238-0268-9.
2. Jumrani, K. Interactive effect of temperature and water stress on physiological and biochemical processes in soybean / K. Jumrani, V. S. Bhatia // *Physiology and Molecular Biology of Plants*. – 2019. – Vol. 25, № 3. – P. 667–681.
3. Посыпанов, Г. С. Основные направления исследований по симбиотической азотфиксации / Г. С. Посыпанов // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. – 1988. – Вып. 5. – С. 101–110.
4. Посыпанов, Г. С. Соя в Подмосковье / Г. С. Посыпанов. – Москва : РГАУ–МСХА им. К.А. Тимирязева, 2007. – 200 с.
5. Drought or/and heat-stress effects on seed filling in food crops: impacts on functional biochemistry, seed yields, and nutritional quality / A. Sehgal, K. Sita, H. Nayyar, K. H. M. Siddique, R. Kumar, S. Bhogireddy, R. K. Varshney, B. Hanumantha Rao, R. M. Nair, P. V. V. Prasad // *Frontiers in Plant Science*. – 2018. – Vol. 871. – P. 1705.
6. Делаев, У. А. Возделывание скороспелых сортов сои / У. А. Делаев, Т. П. Кобозева, В. Т. Синеговская. – Москва : МГАУ им. В.П. Горячкина, 2011. – 164 с.
7. Сеферова, И. В. Генофонд сои из коллекции ВИР для продвижения агрономического ареала культуры к северу / И. В. Сеферова, М. А. Вишнякова // *Зернобобовые и крупяные культуры*. – 2018. – № 3(27). – С. 41–47. – DOI: 10/24411/2309-348X-2018-1030.
8. Шевченко, В. А. Оптимизация кормовой ценности кукурузно-соевого силоса на мелиорированных землях Нечерноземья / В. А. Шевченко, Т. П. Кобозева, Н. П. Попова. – Москва: ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова, 2018. – 204 с.
9. Nitric oxide increases the physiological and biochemical stability of soybean plants under high temperature / R. G. Vital, C. Müller, P. F. Batista, A. C. Costa, A. Merchant, D. Fuentes, A. A. Rodrigues // *Agronomy*. – 2019. – Vol. 9, № 8. – P. 0412.
10. Бельшкіна, М. Е. Современное состояние и перспективы мирового и российского рынков сои / М. Е. Бельшкіна // *Аграрная Россия*. – 2013. – № 6. – С. 7–11.
11. Бельшкіна, М. Е. Динамические параметры формирования урожая раннеспелых сортов сои в условиях Центрального Нечерноземья / М. Е. Бельшкіна // *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии*. – 2018. – № 4(44). – С. 77–84.
12. Завалин, А. А. Ресурсы биологического азота и его использования в земледелии России / А. А. Завалин, Л. С. Чернова // *Плодородие почв России: состояние и возможности: сборник / под редакцией В. Г. Сычева*. – Москва, 2019. – С. 40–49.
13. Sinegovskaya, V. Formation of reproductive organs in an early-ripening soybean variety, depending on the daylight duration / V. Sinegovskaya, A. Levina // *International Scientific and Practical Conference «Fundamental Scientific Research and Their Applied Aspects in Biotechnology and Agriculture» (FSRAABA 2021) : International Scientific and Practical Conference*. – 2021. – P. 02005.
14. Бельшкіна, М. Е. Рост и развитие сортов сои северного экотипа в зависимости от влияния лимитирующих факторов вегетационного периода / М. Е. Бельшкіна, Т. П. Кобозева, Е. В. Гуреева // *Аграрный научный журнал*. – 2020. – № 9. – С. 4–9.
15. Жаркова, С. В. Применение препарата Ризоторфин на посевах сои / С. В. Жаркова, О. В. Манылова, Е. С. Быков // *Международный журнал гуманитарных и естественных наук*. – 2019. – № 7–2. – С. 63–65.
16. Синеговская, В. Т. Методы исследований в полевых опытах с соей / В. Т. Синеговская, Е. Т. Наумченко, Т. П. Кобозева. – Благовещенск : Всероссийский научно-исследовательский институт сои, 2016. – 116 с. – EDN: VTTCGR

INCREASE OF PRODUCTIVITY AND FEED VALUE OF SOYBEAN GRAIN BASED ON IMPROVEMENT OF BIOLOGICAL NITROGEN FIXATION IN SOIL-SELECTION TECHNOLOGIES

Belyshkina M. E., Kobozeva T. P., Zagoruiko M. G.
FSBSI Federal State Budgetary Institution "Federal Scientific Agroengineering Center VIM"
109428, Moscow, 1st Institut'sky dr., 5
e-mail: vimsoya@yandex.ru

Keywords: soybean, variety, symbiosis, symbiotic nitrogen fixation, active symbiotic potential of the crop, inoculation, rhizotorphin, strain of nodule bacteria, photosynthetic potential of the crop, yield, protein, essential amino acids, fat, unsaturated fatty acids, feed units.

The article presents results of the studies on the effect of inoculation of soybean seeds with different strains (605a, 634b, AS-17) of nodule bacteria on productivity and feeding value of soybean varieties and forms of the northern ecotype (varieties Mageva, Okskaya, Svetlaya, form M-52). The purpose of the research was to substantiate the effectiveness of seed inoculation with rhizobium japonicum nodule bacteria in soybean cultivation technologies in the conditions of the Central Non-Black Soil Region, to identify complementary pairs of macro and microsymbionts that ensure maximum productivity, crop quality and nitrogen-fixing activity of soybean agrocenosis with a symbiotrophic type of nitrogen nutrition. It was established that pre-sowing inoculation of seeds in the soil and climatic conditions of the Central Non-Black Soil Region in case of absence of native nitrogen-fixing microflora in the soil is an effective method for regulating the level of symbiotic nitrogen fixation and soybean production process. On average, the method provided a significant yield increase: for Mageva variety - by 0.27 (from 2.22 to 2.49 t/ha), for Okskaya variety - by 0.25 t/ha (from 2.36 to 2.61 t/ha), for Svetlaya variety - by 0.40 t/ha (from 2.61 to 3.01 t/ha), for M-52 form - by 0.45 t/ha (from 2.73 up to 3.18 t/ha); output of feed units with seed harvest: for Mageva variety - by 0.29 (from 3.06 to 3.35 t/ha), for Okskaya variety - by 0.31 t/ha (from 3.25 to 3.56 t/ha), for Svetlaya variety - by 0.54 t/ha (from 3.61 to 4.15 t/ha), for M-52 form - by 0.63 t/ha (from 3.76 to 4.39 t/ha); at the same time, the amount of symbiotically fixed nitrogen varied from 99 to 178 kg/ha (on average 135 kg/ha), its share in total consumption from 55 to 80% (on average 71%). A significant advantage of AC-17 strain over 605a and 634b strains in combination with Svetlaya variety and M-52 form was revealed. The difference between these options was: in terms of yield—0.18–0.22 t/ha and 0.17–0.25 t/ha respectively; protein yield—72–74 and 35–98 kg/ha; yield of essential amino acids—45–49 and 62–50 kg/ha; fat yield—34–76 and 50–80 kg/ha; yield of unsaturated fatty acids—20–44 and 20–44 kg/ha; yield of feed units—0.19–0.24 t/ha and 0.35–0.39 t/ha; the amount of symbiotically fixed nitrogen is 32–44 kg/ha, its share in total consumption is 11–17%, which confirms the prospects of selecting complementary pairs of macro and microsymbionts to increase the efficiency of inoculation in soybean technologies.

Bibliography:

1. Zavalin, A. A. Biological and mineral nitrogen in Russian agriculture: monograph / A. A. Zavalin. – Moscow: All-Russian Research Institute of Agrochemistry named after D.N. Pryanishnikov, 2022. – 256 p. – ISBN 978-5-9238-0268-9.
2. Jumrani, K. Interactive effect of temperature and water stress on physiological and biochemical processes in soybean / K. Jumrani, V. S. Bhatia // *Physiology and Molecular Biology of Plants*. – 2019. – Vol. 25, № 3. – P. 667–681.
3. Posypanov, G.S. Main directions of research on symbiotic nitrogen fixation / G.S. Posypanov // *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. – 1988. – Issue. 5. – P. 101–110.
4. Posypanov, G.S. Soybean in the Moscow region / G.S. Posypanov. – Moscow: RSAU-MAA named after K.A. Timiryazev, 2007. – 200 p.
5. Drought or/and heat-stress effects on seed filling in food crops: impacts on functional biochemistry, seed yields, and nutritional quality / A. Sehgal, K. Sita, N. Nayyar, K. H. M. Siddique, R. Kumar, S. Bhogireddy, R. K. Varshney, B. Hanumantha Rao, R. M. Nair, P. V. V. Prasad // *Frontiers in Plant Science*. – 2018. – Vol. 871. – P. 1705.
6. Delaev, U. A. Cultivation of early ripening soybean varieties / U. A. Delaev, T. P. Kobozeva, V. T. Sinegovskaya. – Moscow: MSAU named after V.P. Goryachkin, 2011. – 164 p.
7. Seferova, I. V. Soybean gene pool from the VIR collection for promoting of agronomic area of the crop to the north / I. V. Seferova, M. A. Vishnyakova // *Grain legumes and cereal crops*. – 2018. – № 3(27). – P. 41–47. – DOI: 10/24411/2309-348X-2018-1030.
8. Shevchenko, V. A. Improvement of feed value of corn-soybean silage on reclaimed lands of the Non-Black Soil Region / V. A. Shevchenko, T. P. Kobozeva, N. P. Popova. – Moscow: All-Russian Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A. N. Kostyakov, 2018. – 204 p.
9. Nitric oxide increases the physiological and biochemical stability of soybean plants under high temperature / R. G. Vital, S. Müller, P. F. Batista, A. S. Costa, A. Merchant, D. Fuentes, A. A. Rodrigues // *Agronomy*. – 2019. – Vol. 9, № 8. – P. 0412.
10. Belyshkina, M. E. Current state and prospects of the world and Russian soybean markets / M. E. Belyshkina // *Agrarian Russia*. – 2013. – № 6. – P. 7–11.
11. Belyshkina, M. E. Dynamic parameters of yield formation of early ripening soybean varieties in the conditions of the Central Non-Black Soil Region / M. E. Belyshkina // *Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy*. – 2018. – № 4(44). – P. 77–84.
12. Zavalin, A. A. Resources of biological nitrogen and its usage in agriculture in Russia / A. A. Zavalin, L. S. Chernova // *Soil fertility in Russia: state and possibilities: collection / edited by V. G. Sychev*. – Moscow, 2019. – P. 40–49.
13. Sinegovskaya, V. Formation of reproductive organs in an early-ripening soybean variety, depending on the daylight duration / V. Sinegovskaya, A. Levina // *International Scientific and Practical Conference "Fundamental Scientific Research and Their Applied Aspects in Biotechnology and Agriculture" (FSRAABA 2021): International Scientific and Practical Conference*. – 2021. – P. 02005.
14. Belyshkina, M. E. Growth and development of soybean varieties of the northern ecotype depending on the influence of limiting factors of the growing season / M. E. Belyshkina, T. P. Kobozeva, E. V. Gureva // *Agricultural Scientific Journal*. – 2020. – № 9. – P. 4–9.
15. Zharkova, S. V. Application of Rizotorphin product on soybean crops / S. V. Zharkova, O. V. Manylova, E. S. Bykov // *International Journal of Humanities and Natural Sciences*. – 2019. – № 7–2. – P. 63–65.
16. Sinegovskaya, V. T. Research methods in field experiments with soybeans / V. T. Sinegovskaya, E. T. Naumchenko, T. P. Kobozeva. – *Blagoveshchensk: All-Russian Soybean Research Institute*, 2016. – 116 p. – EDN: VTTCGR