

ВОЗДЕЙСТВИЕ ИНОКУЛЯЦИИ НА ФОРМИРОВАНИЕ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОГО И СИМБИОТИЧЕСКОГО АППАРАТОВ ГОРОХА ПОСЕВНОГО И ЕГО УРОЖАЙНОСТЬ В УСЛОВИЯХ ЮЖНОЙ ЛЕСОСТЕПИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

¹А.С. Киселев, аспирант

¹Н.А. Поползухина, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

²П.В. Поползухин, кандидат сельскохозяйственных наук

²Ю.Ю. Паршуткин, научный сотрудник

²А.А. Гайдар, кандидат сельскохозяйственных наук

¹Омский государственный аграрный университет им. П. А. Столыпина, Омск, Россия

²Омский аграрный научный центр, Омск, Россия

E-mail: lexscofield2517@gmail.com

Ключевые слова: инокуляция, биопрепарат, симбиотический аппарат, фотосинтетическая эффективность, урожайность, горох посевной, сорт

Реферат. *Выявлено влияние инокуляции биопрепаратами на формирование фотосинтетического аппарата, клубенькообразующую способность и урожайность зерна гороха посевного. Установлены наиболее отзывчивые на обработку сорта и эффективные препараты, а также способ их использования. Материалом для исследований послужили два сорта гороха посевного Омский 9 и Омский 18 и два биопрепарата (ризоторфин и гуминатрин). Исследования осуществлялись на опытных полях Омского аграрного научно-го центра в течение 2016–2017 гг. по следующим вариантам: контроль (без инокуляции), инокуляция ризоторфином, инокуляция гуминатрином и совместная обработка. Годы исследований характеризовались различными метеорологическими условиями. Опыты и расчеты экспериментальных данных проводились по общепринятым методикам. Отмечено положительное влияние инокуляции на увеличение таких показателей, как индекс листовой поверхности и фотосинтетический потенциал. Активный симбиотический потенциал, количество и масса клубеньков ризосферы гороха посевного имели максимальные значения при обработке биопрепаратом гуминатрин и при совместной инокуляции семян ризоторфином и гуминатрином. Выявлена высокозначимая положительная связь между фотосинтетическим и активным симбиотическим потенциалом. Инокуляция в годы исследований оказывала различное влияние на урожайность сортов гороха посевного. Результаты дисперсионного анализа показали, что на урожайность сортов наибольшее влияние оказали условия лет выращивания – 34,4 %, доля вклада инокуляции составила 25,0, генотипа – 17,3 %. Сорт Омский 18 характеризовался наибольшими показателями фотосинтетической и симбиотической активности. Обработка семян гуминатрином, а также совместная инокуляция ризоторфином и гуминатрином наиболее эффективны при выращивании растений гороха посевного в условиях южной лесостепи Западной Сибири.*

INFLUENCE OF INOCULATION ON PHOTOSYNTHESIS AND SYMBIOTIC PARAMETERS OF PEA AND ITS CROP YIELD IN THE CONDITIONS OF THE SOUTHERN FOREST STEPPE OF WESTERN SIBERIA

¹ Kiselev A.S., PhD-student

¹ Popolzukhina N.A., Dr. of Agricultural Sc., Professor

²Popolzukhin P.V., Candidate of Agriculture²Parshutkin Iu.Iu., Research Fellow²Gaidar A.A., Candidate of Agriculture¹Omsk State Agrarian University named after P.I. Stolypin, Omsk, Russia²Omsk Agricultural Research Centre, Omsk, Russia

Key words: inoculation, biospecimen, symbiotic parameters, photosynthesis effect, crop yield, pea, variety.

Abstract. The paper highlights the effect of inoculation by means of biological specimens on formation of photosynthetic parameters, nodule-forming capacities and yield of pea grain. The authors reveal the varieties which mostly respond to the tillage, effective specimens and methods of their application. The researchers explored two varieties of pea as Omskiy 9 and Omskiy 18 and two biological specimens (risotorphine and ruminatine). The study was conducted in the experimental fields of Omsk agricultural research center in 2016-2017 in the following variants: control (without inoculation), inoculation by means of risotorphine, inoculation by ruminatine and combined tillage. The researchers observed different meteorological conditions during the research. The experiments and calculations of the experimental data were carried out by means of general methodics. The positive effect of inoculation on increasing of such parameters as leaf surface index and photosynthetic potential is observed. Active symbiotic potential, number and weight of nodules rhizosphere of pea had a maximum value when being treated by biospecimen ruminatine and combined inoculation of seeds by risotorphine and ruminatine. The authors highlight significant positive relationship between photosynthetic and active symbiotic potential. Inoculation influenced the yield of pea varieties in a different way in the years of research. The results of variance analysis showed that conditions of experiment influenced the yield of varieties – 34.4 %, the proportion of inoculation effect was 25.0 % and genotype – 17,3 %. Omsk 18 variety was characterized by the highest rates of photosynthetic and symbiotic activity. Seed treatment with ruminatine and combined inoculation with risotorphine and ruminatine have impact when growing pea in the conditions of southern forest-steppe of Western Siberia.

В историческом аспекте биологическая фиксация азота воздуха при формировании и развитии естественных растительных культур сыграла ключевую роль, хотя в полевом растениеводстве ее значение еще невелико. Получение высоких урожаев достигается за счет использования больших норм минеральных азотных удобрений, вред которых уже давно доказан и известен каждому. Альтернативой минеральному может быть азот биологический [1–4].

В настоящее время проблема «биологического азота» является не новой, но по-прежнему актуальной. Концепция устойчивого развития и экологизация производства подталкивают научное сообщество к поиску альтернативных путей решения проблемы получения высококачественной сельскохозяйственной продукции.

Во-первых, биоазотфиксация может стать решением проблемы растительного белка. Получение растительного белка лимитируется количеством доступного культурам минерального азота, а представители бобовых и зернобобовых дают сверхлимитированный белок. Во-вторых, полученная продукция культур, способных к биоазотфиксации, имеет высокие кормовые и пищевые показатели, безопасна для человека и животных. В-третьих, применение биологической азотфиксации атмосферного воздуха способствует ослаблению антропологического «давления» на окружающую среду. В-четвертых, симбиотическая фиксация азота воздуха обеспечивает главное условие энергосберегающих технологий в растениеводстве – экономию ископаемой энергии на единицу продукции и снижение ее себестоимости. В-пятых, посе-

вы бобовых и зернобобовых культур, активно фиксирующих азот воздуха, способствуют решению проблемы сохранения и даже расширенного воспроизводства естественного плодородия почвы [5,6].

Один из способов решения проблемы биологического азота в прямом смысле «витают в воздухе». Имеется не одно поколение биологических препаратов, в основу которых входят штаммы клубеньковых бактерий, способных фиксировать атмосферный азот; много экспериментальных подтверждений о пользе препаратов на основе ассоциативных диазотрофов [7–9]. Но данный подход недостаточно распространен в полевом растениеводстве, хоть и доказана экономическая и экологическая составляющая предложенного метода.

Цель исследования – изучение действия биологических препаратов на рост и развитие, формирование урожайности сельскохозяйственных культур, выявление наиболее эффективных препаратов и способов инокуляции семян, отзывчивых на обработку сортов.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились в течение 2016–2017 гг. Полевые опыты были заложены на полях отдела семеноводства ФГБНУ «Омский аграрный центр», лабораторные анализы проводили в лабораториях ФГБНУ «Омский аграрный научный центр» и ФГБОУ ВО Омский ГАУ.

В качестве объектов исследований были использованы два сорта гороха посевного – Омский 9 и Омский 18, биопрепараты ризоторфин и гуминатрин.

Полевые опыты были заложены на делянках площадью 5 м², повторность опыта пятикратная, предшественник – вторая культура после пара. Норма высева – 1,2 млн всхожих зерен на 1 га. Варианты опыта: семена гороха без инокуляции; обработка семян ризоторфином; обработка семян гуминатрином; совместная обработка семян обо-

ими препаратами. Агротехника – общепринятая для зоны южной лесостепи Западной Сибири. Обработка семенного материала проводилась в день посева. Расход рабочего раствора составляет 10 л на 1 т семян. Для приготовления рабочего раствора 2 л препарата добавляется в 8 л воды. При комплексной обработке в соответствующих вариантах проводилось смешивание препаратов в соотношении 1:1.

Расчет симбиотической активности проводили по методике Г.С. Посыпанова (1983), показателей интенсивности фотосинтеза – по методике А.А. Ничипоровича (1969). Учет урожайности зерна осуществляли сплошным обмолотом делянок с приведением к базисной влажности и 100 %-й чистоте, статистическая обработка экспериментальных данных осуществлялась по методике Б.П. Доспехова (метод дисперсионного анализа) [10].

Гидротермические условия в годы исследований, по данным Омской гидрометеорологической службы, имели существенные различия. По сравнению со среднемноголетними данными 2016 г. характеризовался избыточным увлажнением и умеренным теплообеспечением, 2017 г. – недостаточным увлажнением.

Почва опытного участка представлена лугово-черноземной почвой с пахотным горизонтом 22 см, содержанием гумуса 6,4 %, суммой поглощенных оснований 31 мг-экв/100 г, $pH_{\text{сол}} - 6,7$ (по данным лаборатории агрохимии ФГНБУ «Омский аграрный центр»).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Весеннее исследование опытного участка показало, что запасы продуктивной влаги и содержание основных элементов питания были на постоянном уровне. По шкале увлажнения Ильина пахотный слой почвы в годы исследований соответствовал градации умеренно-влажная. Обеспеченность верхнего 40-сантиметрового слоя почвы нитратным азотом перед посевом, в соответствии с градацией

А. Е. Кочергина, была средней. Обеспеченность пахотного слоя почвы перед посевом подвижным фосфором была высокой, а обменным калием – очень высокой (по Чирикову).

Анализ полученных данных показал, что использованные в ходе эксперимента биопрепараты имеют различное влияние на сорта гороха посевного. Индекс листовой поверхно-

сти (ИЛП) – один из показателей, характеризующих эффективность фотосинтезирующей системы растений. Он отражает отношение суммарной листовой поверхности к площади почвы, занимаемой данным фитоценозом [11]. Инокуляция семян способствовала увеличению ИЛП у рассматриваемых сортов (табл. 1).

Таблица 1

**Показатели фотосинтетической активности при инокуляции семян гороха посевного
(в среднем за 2016–2017 гг.)**

Photosynthetic effect during inoculation of pea seeds (on average in 2016–2017)

Показатель		Омский 9				Омский 18			
		К	Р	Г	Р+Г	К	Р	Г	Р+Г
Фаза бутонизации	ИЛП	0,93	0,96	1,11	1,06	1,00	1,12	1,25	1,12
	ФП	126,2	133,3	162,5	150,3	137,6	150,6	161,8	150,5
Фаза цветения	ИЛП	1,15	1,18	1,34	1,29	1,25	1,41	1,53	1,37
	ФП	183,7	180,7	214,1	206,8	205,7	223,4	251,5	226,4
Фаза плодообразования	ИЛП	1,12	0,99	1,31	1,24	1,22	1,33	1,57	1,61
	ФП	212,9	187,0	235,7	222,1	223,0	246,5	296,5	302,3

Примечание. ИЛП – индекс листовой поверхности, м²/м²; ФП – фотосинтетический потенциал, тыс.м²/га·сут; К – контроль; Р – ризоторфин; Г – гуминатрин.

Notes. LAI - leaf area index, m²/m²; FP - photosynthetic potential, thous.m²/ha·day; C – control; R – risotrophine; R – ruminatine.

Многие исследователи отмечают, что пик ИЛП приходится на фазу цветения [12]. Наш опыт подтверждает данное наблюдение. Но стоит обратить внимание, что у сорта Омский 18 в фазу плодообразования в вариантах инокуляции гуминатрином и при совместной обработке препаратами значения ИЛП оказались выше, чем в фазу цветения. Прежде всего это связано с генотипом самого сорта, так как для него характерна более продолжительная сохранность нижнего яруса листьев и вовлечение их в фотосинтетическую деятельность растений.

Наибольшая площадь листовой поверхности, приходящаяся на 1 м² посевов, в 2016 г. отмечена в вариантах с обработкой гуминатрином, как в фазу бутонизации, так и в фазу цветения. Метеорологические условия 2017 г. обусловили повышение данного показателя у сорта Омский 9 при обработке гуминатрином, а у сорта Омский 18 – при совместной обработке в те же периоды.

Фотосинтетический потенциал характеризует фотосинтетическую мощность посева, т.е. продолжительность функционирования площади листьев. Расчет данных свидетель-

ствует о положительном влиянии биопрепаратов на фотосинтетический потенциал. Однако у сорта Омский 9 при обработке ризоторфином величина этого показателя несколько снизилась. Инокуляция семян обоих сортов гуминатрином способствовала повышению изучаемого показателя. Наибольшая величина ФП была отмечена у сорта гороха Омский 18 при обработке как ризоторфином, так и гуминатрином, положительный эффект имела и обработка семян обоими препаратами одновременно. В оба года исследований максимальные значения фотосинтетического потенциала отмечались в фазу плодообразования. В данный период наблюдалось выпадение большого количества осадков (отклонение от нормы составило 163%), что способствовало активному нарастанию листовой поверхности и было подтверждено высокозначимой положительной корреляционной зависимостью ($r = +0,78$).

При оценке клубенькообразующей способности растений гороха, которая определяет эффективность функционирования симбиотического аппарата, обычно используют

такие показатели, как число клубеньков и их масса. Ряд исследователей отмечают, что пик образования клубеньков приходится на фазу цветения [13,14]. Данные табл. 2 подтверждают данное наблюдение. Инокуляция семян

обоих сортов способствовала увеличению как количества клубеньков, так и их массы у растений гороха посевного.

Особенно эффективным оказалось действие биопрепарата гуминатрин и совместной

Таблица 2

**Показатели симбиотической интенсивности при инокуляции семян гороха посевного
(в среднем за 2016–2017 гг.)**
Parameters of symbiotic intensity during inoculation of pea seeds (on average in 2016–2017)

Показатель		Омский 9				Омский 18			
		К	Р	Г	Р+Г	К	Р	Г	Р+Г
Фаза бутонизации	к.к.	2,9	3,0	3,6	3,6	3,2	3,5	4,1	3,7
	м.к.	11,7	11,6	14,4	14,5	18,2	20,8	24,4	22,8
	АСП	163,1	164,6	217,8	216,7	262,9	301,4	330,0	327,9
Фаза цветения	к.к.	3,9	4,0	5,2	4,9	4,0	4,5	4,9	5,0
	м.к.	17,7	17,3	20,9	22,1	25,5	28,8	31,5	31,4
	АСП	290,6	276,4	351,6	372,7	424,3	467,0	521,4	521,4

Примечание. к.к. – количество клубеньков, млн шт/га; м.к. – масса клубеньков, кг/га; АСП – активный симбиотический потенциал, кг·сут/га; К – контроль; Р – ризоторфин; Г – гуминатрин.

Notes. n.n. – the number of nodules, mln. un./ha; m.n. – mass of nodules, kg/ha; ASP – active symbiotic potential, kg·day/ha; C – control; R – risotrophine; R – ruminatine.

обработки обоими препаратами. Сорт Омский 18 отличался наиболее развитым симбиотическим аппаратом, о чем можно судить, прежде всего, по массе клубеньков. В 2017 г. количество клубеньков по сравнению с предыдущим годом значительно возросло: в фазу цветения, в пик образования клубеньков, значения были выше в 1,7–2,0 раза. Данная ситуация сложилась ввиду более комфортных климатических условий. Крупность клубеньков на протяжении двух лет сохранялась на одном уровне (с разницей менее 1 мг).

При расчете активного симбиотического потенциала учитывается масса клубеньков и время их функционирования. Этот показатель является неким аналогом фотосинтетического потенциала. Если один отражает фотосинтетическую эффективность, то другой – симбиотическую активность. Отличительной чертой АСП является то, что в учет берутся лишь физиологически активные клубеньки, т.е. с наличием белка леггемоглобина. Наибольшая величина АСП отмечалась в фазы бутонизации и цветения. Инокуляция рассматриваемых сортов способствовала повышению АСП, причем у сорта Омский 9 увеличение показателя отмечалось

при обработке гуминатрином и совместном использовании ризоторфина и гуминатрина, а у сорта Омский 18 – во всех вариантах опыта. Следует отметить, что наибольшая величина АСП имела место при одновременной инокуляции семян обоими препаратами. Сорт Омский 18 характеризовался наиболее высокими значениями показателя.

По данным ряда исследователей, процессы симбиотической азотфиксации и ассимиляции солнечной энергии взаимообусловлены [15]. Данные нашего исследования стали еще одним подтверждением этого (рис. 1).

Расчет коэффициентов корреляции показал высокосignificantную положительную зависимость этих показателей ($r = +0,72$). Связь между ними объясняется тем, что клубенькам для нормального функционирования требуются продукты ассимиляции CO_2 , а растению, в свою очередь, – доступные соединения азота, образуемые клубеньковыми бактериями.

Отмечено, что в 2017 г. фотосинтетический и симбиотический потенциалы растений гороха имели большие значения по сравнению с 2016 г., который характеризовался избыточным увлажнением.

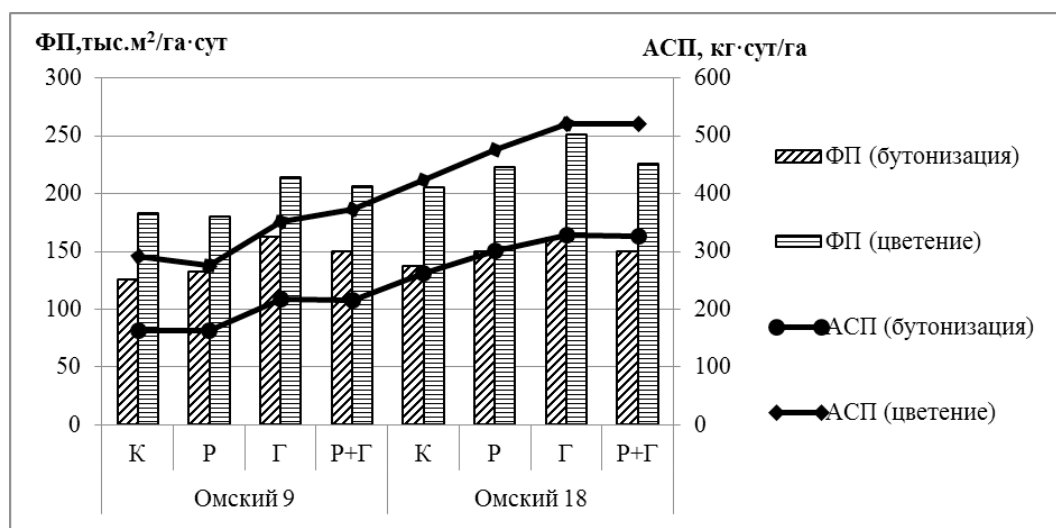


Рис. 1. Показатели фотосинтетической и симбиотической активности при инокуляции семян гороха посевного (в среднем за 2016–2017 гг.)

Indicators of photosynthetic and symbiotic effect during inoculation of pea seeds (on average in 2016-2017)

Анализ урожайности зерна показал, что инокуляция семян в контрастных условиях оказывала неоднозначное действие на сорта гороха посевного (табл. 3).

В 2016 г. обработка препаратами обоих сортов приводила к некоторому снижению урожайности обоих сортов, для сорта Омский 9 оно было достоверным. Лишь при иноку-

Таблица 3

Влияние инокуляции семян на урожайность зерна гороха посевного, т/га
Influence of seeds inoculation on pea yield, t/ha

Сорт	Год	Контроль	Инокуляция			± к контролю		
			Р	Г	Р+Г	Р	Г	Р+Г
Омский 9	2016	3,28	2,71	2,97	3,23	-0,56	-0,31	-0,05
	2017	2,31	2,63	2,71	3,02	0,32	0,40	0,71
	Среднее	2,80	2,67	2,84	3,13	-0,13	0,04	0,33
Омский 18	2016	3,18	3,02	2,97	3,45	-0,16	-0,20	0,28
	2017	2,55	3,10	2,81	2,86	0,55	0,26	0,31
	Среднее	2,87	3,06	2,89	3,16	0,20	0,02	0,29

НСР_{0,5}: 2016 г. – 0,26; 2017 г. – 0,29.

ляции сорта Омский 18 обоими препаратами было выявлено достоверное повышение урожайности – на 0,28 т/га. В 2017 г. обработка сорта Омский 9 ризоторфином способствовала достоверному увеличению урожайности – на 0,32 т/га, гуминатрином – на 0,40, совместная обработка – на 0,71 т/га. Для сорта Омский 18 более эффективным оказался ризоторфин, прибавка к контролю составила 0,55 т/га. Достоверная прибавка – 0,31 т/га была отмечена и при совместной инокуляции этого сорта обоими препаратами. В среднем

за два года исследований достоверное увеличение урожайности при инокуляции обоих сортов было установлено в варианте «ризоторфин+гуминатрин».

Дисперсионный анализ данных трехфакторного опыта показал, что на урожайность сортов гороха посевного наибольшее влияние оказывали условия разных лет выращивания (фактор В) – 31,4%, доля вклада инокуляции (фактор С) составляла 25,0, генотипа (фактор А) – 17,3, взаимодействия факторов – от 0,2 до 11,6% (рис. 2).

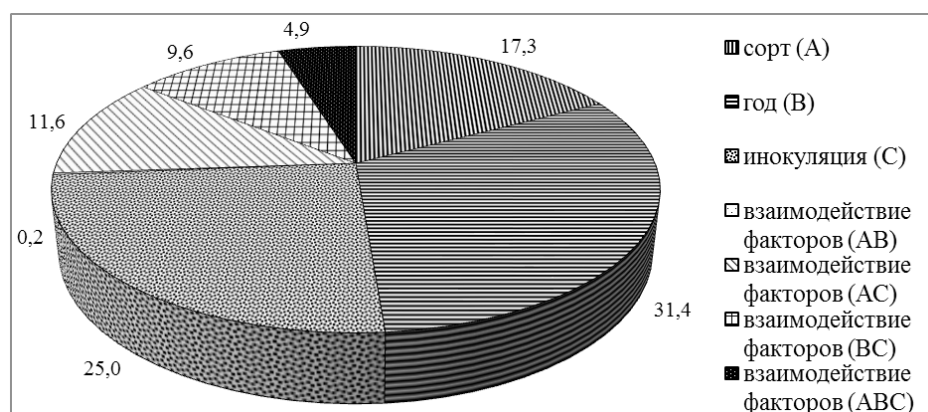


Рис.2. Доля влияния факторов на урожайность гороха посевного, % (среднее за 2016–2017 гг.)
Effect of factors on the productivity of pea seed, % (on average in 2016–2017)

ВЫВОДЫ

1. Развитие фотосинтетического и симбиотического аппаратов, формирование урожайности зерна гороха посевного определялось как агроэкологическими условиями, так и генотипом сортов, а также препаратами и способом их использования.

2. Инокуляция семян биопрепаратами способствовала увеличению показателей фотосинтеза и клубенькообразующей способности, наибольшая эффективность была отмечена

на при использовании гуминатрина, как в отдельности, так и совместно с ризоторфином. Сорт Омский 18 характеризовался большей величиной изучаемых показателей.

3. Достоверное увеличение урожайности зерна изучаемых сортов в среднем за годы исследований было отмечено при совместной инокуляции ризоторфином и гуминатрином. Доля вклада в изменчивость урожайности условий выращивания составила 31,4 %, инокуляции – 25,0, генотипа – 17,3, различного рода взаимодействия факторов – 0,2 до 11,6 %.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Посыпанов Г.С. Биологический азот. Проблемы экологии и растительного белка: монография – М.: ИНФРА-М, 2015. – 251 с.
2. Посыпанов Г.С., Джамро Г.Х., Кобозева Т.П. Интенсивность фотосинтеза у сои и фасоли в зависимости от величины симбиотического аппарата // Изв. ТСХА. – 1986. – № 5. – С. 19–24.
3. Тихонович И.А. Значение биологической фиксации азота для современной биологии и практики сельскохозяйственного производства // Аграр. наука. – 1993. – № 3. – С. 29–31.
4. Перикова Т.Ф. Продуктивность бобовых культур при локальном внесении удобрений: монография. – Горки, 2002. – 326 с.
5. Умаров М.М. Современное состояние и перспективы исследований микробной азотфиксации // Перспективы развития почвенной биологии. – М., 2001. – С. 47–56.
6. Емцев В.Т., Чумаков М.И. Об эффективности азотфиксирующего ассоциативного симбиоза у небобовых растений // Почвоведение. – 1990. – № 11. – С. 116–126.
7. Шабает В.П. Бактерии могут заменить минеральные удобрения // Химия и жизнь – XXI век [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: www.hij.ru. – (Дата обращения 19.12.2017).
8. Аужанова А.Д., Поползухина Н.А. Действие биопрепарата на основе ассоциативных азотфиксаторов на урожайность и качество зерна яровой мягкой пшеницы // Сб. науч. тр. Ставропол. НИИЖК. – 2013. – Т. 3, вып. 6. – С. 28–33.

9. *Эффективность* микробных препаратов корневых diaзотрофов при возделывании зерновых культур в условиях Алтайского Приобья/ В.С. Курсакова, Л.А. Новикова, О.О. Кузнецов [и др.] // Вестн. Алт. ГАУ. – 2013. – № 10 (108). – С. 5–7.
10. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта. – М., 1979. – 416 с.
11. *Кадермас И.Г.* Формирование фотосинтетического и симбиотического аппаратов растений и их вклад в повышение продуктивности агроценозов гороха посевного (*Pisum sativum* L.): дис. ... канд. биол. наук – Омск, 2014. – 141 с.
12. *Фотосинтетическая* активность, клубенькообразующая способность и урожайность гороха посевного в условиях южной лесостепи Западной Сибири / И.Г. Кадермас, Н.А. Поползухина, А.М. Асанов [и др.] // Ом. науч. вестн. – 2013. – № 1. – С. 193–196.
13. *Озякова Е.Н.* Урожайность и особенности формирования симбиотического аппарата у сортообразцов зернобобовых культур в южной лесостепи Западной Сибири: дис. ... канд. с.-х. наук. – Омск, 2009. – 182 с.
14. *Сравнительное* изучение сортов гороха посевного на способность к азотфиксации в условиях Сибирского Прииртышья / Е.Н. Озякова, Н.А. Поползухина, А.М. Асанов [и др.] // Вестн. Бурят. ГСХА им. В.Р. Филиппова. – 2008. – № 2. – С. 59–64.
15. *Романов В.И.* Взаимосвязь процессов азотфиксации и фотосинтеза в бобовом растении // Биологическая фиксация молекулярного азота. – Киев: Наук. думка, 1985. – С. 147–154.

REFERENCES

1. Posypanov G.S. *Biologicheskij azot. Problemy ehkologii i rastitel'nogo belka* (Biological nitrogen. The problem phenomena and vegetable protein), Moscow, 2015, 251 p.
2. Posypanov G.S., Dzhamro G.H., Kobozeva T.P., *Izv. TSKHA*, 1986, No 5. pp. 19–24. (In Russ.)
3. Tihonovich I.A., *Agrar. Nauka*, 1993, No 3, pp. 29–31. (In Russ.)
4. Persikova T.F. *Produktivnost» bobovyh kul'tur pri lokal'nom vnesenii udobrenij* (The productivity of legumes in local development), Gorki, 2002, 326 p.
5. Umarov M.M. *Perspektivy razvitiya pochvennoj biologii* (Prospects for the development of soil biology), Moscow, 2001, pp. 47–56.
6. Emcev V.T., Chumakov M.I. *Pochvovedenie*, 1990, No 11, pp. 116–126. (In Russ.)
7. Shabaev V.P. *Bakterii mogut zamenit» mineral'nye udobreniya*, Himiya i zhizn» – XXI vek, available at: www.hij.ru, (December 19.2017).
8. Auzhanova A.D., Popolzhina N.A. *Sb. nauch. tr. Stavropol*, 2013, Issue 6(3), pp. 28–33. (In Russ.)
9. Kursakova V.S., Novikova L.A., Kuznecov O.O., Polyakov D.I. *Vestn. Alt. GAU*, 2013, No 10 (108), pp. 5–7. (In Russ.)
10. *Dospikhov B.A. Metodika polevogo opyta* (The method of field experience), Moscow, 1979, 416 p.
11. *Kadermas I.G. Formirovanie fotosinteticheskogo i simbioticheskogo apparatov rastenij i ih vklad v povyshenie produktivnosti agrocnov gorosa posevnogo (Pisum sativum L.)* (Formation of photosynthetic and symbiotic apparatuses of plants and their contribution to increase of productivity of agrocnoses of peas (*Pisum sativum* L.)), Omsk, 2014, 141 p.
12. *Kadermas I.G., Popolzhina N.A., Asanov A.M., Omel'yanyuk L.V. Om. nauch. vestn.*, 2013, No 1, pp. 193–196. (In Russ.)
13. *Ozyakova E.N. Urozhajnost» i osobennosti formirovaniya simbioticheskogo apparata u sortoobrazcov zernobobovyh kul'tur v yuzhnoj lesostepi Zapadnoj Sibiri* (Yield and features of the formation of the symbiotic apparatus in the varieties of leguminous plants in the southern forest-steppe of Western Siberia), Omsk, 2009, 182 p.
14. *Ozyakova E.N., Popolzhina N.A., Asanov A.M., Omel'yanyuk L.V., Chuyanov G.I. Vestn. Buryat. GSKHA im. V.R. Filippova*, 2008, No 2, pp. 59–64. (In Russ.)
15. *Romanov V.I. Biologicheskaya fiksaciya molekulyarnogo azota* (Biological fixation of molecular nitrogen), Kiev, 1985, pp. 147–154.