

ность урожайности (10%) и наивысший коэффициент экологической устойчивости культуры (0,58).

При наличии чистого пара в севообороте необходимо применять чизельную основную обработку почвы, обеспечивающую экологическую устойчивость ячменя сорта Прерия лишь при внесении повышен-

ной нормы минеральных удобрений. В севообороте наличие 40% многолетних трав в его структуре нивелирует влияние основной обработки почвы, при этом значительное влияние оказывает фон минерального питания (до 50–76%).

Библиографический список

1. Бабков Г.А. Плодородие почв, интенсификация производства, урожайность сельскохозяйственных культур. Управление экономическими системами [Электронный ресурс]. URL: <http://uecs.ru/otraslevaya-ekonomika/item/1041-2012-02-16-08-14-56> (дата обращения 14.04.2018).
2. Динамика посевных площадей и урожайности ярового ячменя в РФ / Г.А. Филенко, Т.И. Фирсова, Ю.Г. Скворцова, Е.Г. Филиппов // Зерновое хозяйство России. 2017. № 5(53). С. 20–25.
3. Ионова Е.В. Леон – новый сорт ярового ячменя, высокоустойчивый к региональному типу засухи // Зерновое хозяйство России. 2011. № 1(13). С. 5–7.
4. Чудаков Н. Яровой ячмень: максимальный результат при минимуме затрат // Растениеводство. Аграрное обозрение [Электронный ресурс]. URL: <http://agroobzor.ru/downloads/rast-2-16.pdf> (дата обращения: 14.04.2018).

Reference

1. Babkov G.A. Plodorodie pochv, intensivkaciya proizvodstva, urozhajnost' sel'skohozyajstvennyh kul'tur: Upravlenie ehkonomicheskimi sistemami [Soil fertility, intensification of production, agricultural crop productivity: Management of economic systems] [Elektronnyj resurs]. 2012. № 2. S. 38. URL: <http://uecs.ru/otraslevaya-ekonomika/item/1041-2012-02-16-08-14-56> (data obrashcheniya 14.04.2018).
2. Dinamika posevnyh ploshchadej i urozhajnosti yarovogo yachmenya v RF [Dynamics of sown areas and productivity of spring barley in RF] / G.A. Filenko, T.I. Firsova, Yu.G. Skvorcova, E.G. Filippov // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2017. № 5(53). S. 20–25.
3. Ionova E.V. Leon – novyj sort yarovogo yachmenya, vysokoustojchi-vyj k regional'nomu tipu zasuhi [The new spring barley variety 'Leon' with high tolerance to local drought] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2011. № 1(13). S. 5–7.
4. Chudakov N. Yarovoj yachmen': maksimal'nyj rezul'tat pri minimume zatrat [Spring barley: maximal results with minimal expenditures] // Rastenievodstvo. Agrarnoe obozrenie [Elektronnyj resurs]. URL: <http://agroobzor.ru/downloads/rast-2-16.pdf> (data obrashcheniya 14.04.2018).

Критерии авторства. Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

УДК 633.367 : 576.851.155

DOI 10.31367/2079-8725-2018-57-3-22-26

ВЛИЯНИЕ ВОДОРАСТВОРИМЫХ ПОЛИМЕРОВ НА ВЫЖИВАЕМОСТЬ КЛУБЕНЬКОВЫХ БАКТЕРИЙ ЛЮПИНА (*RHIZOBIUM LUPINI*)¹

Ю.В. Лактионов, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории экологии симбиотических и ассоциативных ризобактерий, laktionov@list.ru, ORCID ID: 0000-0001-6241-0273;

Ю.В. Косильников, инженер исследователь лаборатории экологии симбиотических и ассоциативных ризобактерий, kullavayn@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-1134-3503;

Д.В. Дудникова, инженер исследователь лаборатории экологии симбиотических и ассоциативных ризобактерий, daryanikolaenko94@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-4319-1957

ФГБНУ Всероссийский НИИ сельскохозяйственной микробиологии
196608, Санкт-Петербург, Пушкин-8, шоссе Подбельского, 3

Работа посвящена оценке выживаемости клубеньковых бактерий люпина (*Rhizobium lupini*) на семенах, а также изучению возможности увеличения допустимых сроков между инокуляцией семян и их высевом. Оценено влияние водорастворимых полимеров – альгината натрия, карбоксиметилцеллюлозы, поливинилового спирта (4-88, 4-98) и поливинилпирролидона на выживаемость клубеньковых бактерий. Определено число выживших клубеньковых бактерий люпина *R. lupini* (шт. 363а и шт. 367а) на инокулированных семенах люпина сорта Олигарх спустя сутки после инокуляции контрольным рабочим раствором (20% бактериальной суспензии в воде), а также растворами, модифицированными 5% следующих водорастворимых полимеров: альгинат натрия, карбоксиметилцеллюлоза (КМЦ), поливиниловый спирт двух марок (PVA 4-88 и PVA 4-98) и поливинилпирролидон (PVP). По результатам опыта PVP определен как наиболее эффективный полимерный протектор ризобий среди вышеназванных, так как число выживших бактерий в варианте с PVP было на порядок больше контрольного варианта и в 2–3 раза больше вариантов с другими полимерами. Изучена динамика гибели бактерий с момента инокуляции и на протяжении последующих 2, 4, 8, 24, 48 и 168 часов в различных вариантах опыта. Определена эффективность PVP

¹Работа поддержана из средств ГЗ ФАНО по теме № 0664-2018-0025 (сохранение симбиотически активных бактерий на поверхности семян).

в качестве протектора ризобий на инокулированных семенах, выявлена его оптимальная концентрация.

Ключевые слова: люпин, клубеньковые бактерии, инокуляция, водорастворимые полимеры.

THE EFFECT OF WATER-SOLUBLE POLYMERS ON THE SURVIVAL OF NODULE LUPINE BACTERIA (*RHIZOBIUM LUPINI*)

Yu.V. Laktionov, Candidate of Biological Sciences, senior researcher of the laboratory for ecology of symbiotic and associative rhizobacteria, laktionov@list.ru, ORCID ID: 0000-0001-6241-0273;

Yu.V. Kosulnikov, engineer-researcher of the laboratory for ecology of symbiotic and associative rhizobacteria, kullavayn@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-1134-3503;

D.V. Dudnikova, engineer-researcher of the laboratory for ecology of symbiotic and associative rhizobacteria, daryanikolaenko94@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-4319-1957

FSBSI All-Russian RI of Agricultural microbiology
196608, Saint-Petersburg, Pushkin-8, Podbelsky Highway, 3

The work is devoted to the assessment of survival of nodule lupine bacteria (*Rhizobium lupini*) on seeds and to the study of the opportunities to increase the terms between seed inoculation and their sowing. It has been evaluated the effect of such water-soluble polymers as sodium alginate, carboxymethyl cellulose, polyvinyl alcohol (4-88, 4-98) and polyvinylpyrrolidone on survival of nodule lupine bacteria. The number of surviving nodule bacteria of lupine *R. lupini* (str. 363a and 367a) was determined on inoculated lupine seeds of the variety 'Oligarkh' after 24 hours after inoculation with a control working solution (20% bacterial suspension in water), as well as with the solutions modified with five percent of such water-soluble polymers as sodium alginate, carboxymethylcellulose (CMC), polyvinyl alcohol of 2 grades (PVA 4-88 and PVA 4-98) and polyvinylpyrrolidone (PVP). The experiment has identified PVP as the most effective polymeric rhizobium protector among all above-mentioned ones because the number of surviving bacteria in the PVP variant was significantly larger than the control variant and in 2–3 times larger than in the variants with other polymers. There has been studied dynamics of bacteria death from the moment of inoculation and after 2, 4, 8, 24, 48 and 168 hours in various variants of the experiment. The effectiveness of PVP as a rhizobium protector on inoculated seeds was determined, its optimum concentration was identified.

Keywords: lupine, nodule bacteria, inoculation, water-soluble polymers.

Введение. Люпин благодаря своему исключительно мощному азотфиксирующему аппарату получил широкое распространение в качестве эффективной сидеральной и продуктивной кормовой культуры. Обязательный прием возделывания люпина – предпосевная инокуляция семян препаратами специфичных клубеньковых бактерий, однако необходимость обеспечения всех необходимых условий качественной инокуляции ограничивает применение таких препаратов.

Сегодня невозможно представить такую систему земледелия, которая игнорировала бы приемы обогащения почв биологическим азотом и при этом оставалась безопасной с экологической и эффективной с экономической точки зрения (Чекмарев, 2014). Помимо внесения азота на поля извне, то есть вместе с органическими удобрениями, существует способ получения биологического азота на местах – путем возделывания бобовых культур, которые благодаря симбиозу с клубеньковыми бактериями способны фиксировать молекулярный азот непосредственно из воздуха (Кокорина и Кожемяков, 2010; Лактионов и др., 2013; Magra L.M. et al., 2012). В свою очередь, среди бобовых культур особенно интенсивной симбиотической азотфиксацией выделяется люпин. Семена люпина отличаются исключительно высоким содержанием белка (36–42%), которые служат сырьем для лакокрасочной и мыловаренной промышленности, а семена безалкалоидных сортов имеют к тому же высокую кормовую ценность, однако наибольшее распространение люпин получил в качестве эффективной и неприхотливой сидеральной культуры, то есть зеленого удобрения (Дебелый, 2011; Trukman, 2005). При условии симбиоза с эффективными штаммами специфических клубеньковых бактерий культура люпина фиксирует до 300 кг/га атмосферного азота (Keyser, 1992.). Богатую белком зеленую массу люпина либо

запахивают в почву для улучшения ее структуры и обогащения биологическим азотом, либо убирают на корм. В этом случае люпин оставляет в почве до половины своей массы в виде богатой азотом мощной корневой системы, проникающей в почву на глубину до 2 м (Агеева и Пачутина, 2013; Трухачев и др. 2010; Кучин и Мансуров, 2013).

Стоит помнить, что продуктивный люпин-ризобийный симбиоз образуется лишь при условии наличия в почве специфичных к конкретному виду люпина эффективных клубеньковых бактерий, что практически исключено в том случае, когда люпин выращивается на данном поле впервые. Но даже при регулярном возделывании люпина в составе севооборота предпосевная инокуляция семян является обязательным приемом в связи с тем, что за ротацию занесенные в почву бактерии биопрепаратов успевают потерять свои симбиотические свойства, то есть одичать. Такие одичавшие бактерии образуют симбиоз эффективный не более, чем симбиоз, образованный местными аборигенными клубеньковыми бактериями. Можно смело утверждать, что в подавляющем большинстве случаев предпосевная инокуляция семян люпина качественными препаратами есть экономически обоснованный прием.

Однако зачастую применение биопрепаратов под люпин с соблюдением всех правил эффективной обработки является просто объективно невозможным. Например, для ряда хозяйств, в особенности хозяйств крупных, достаточно трудновыполнимым становится следующее условие эффективной инокуляции: инокулированные семена должны быть заделаны в почву в течение суток в связи с падением числа живых бактерий ниже уровня, обеспечивающего образование эффективного симбиоза. Очевидно, что совершенствование биопрепаратов клубеньковых бактерий под люпин в направлении увеличения

допустимых сроков между инокуляцией семян и их посевом значительно повысит эффективность биопрепаратов и их привлекательность как инструмента получения биологического азота.

Целью данной работы было определение динамики числа жизнеспособных бактерий вида *Rhizobium lupini* (шт. 363а) и *Rhizobium lupini* (шт. 367а) на инокулированных семенах люпина сорта Олигарх, а также определение влияния растворов водорастворимых полимеров на выживаемость ризобий на инокулированных семенах.

1. Состав полусинтетической питательной среды 1. Composition of semisynthetic nutrient medium

Компонент среды	Концентрация компонента среды, г/л
K_2HPO_4	0,5
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	0,2
NaCl	0,1
Дрожжевой экстракт	1,0
Маннит	10,0

В качестве полимерных протекторов были исследованы 5%-ные растворы альгината натрия, карбоксиметилцеллюлозы, поливинилового спирта (модификации 4-88, 4-98) и поливинилпирролидона. Поливинилпирролидон, как наиболее эффективный протектор (определено по результатам первой части работы), был дополнительно исследован в концентрациях 2,5; 5,0 и 7,5% от массы инокулянта.

В опытах были использованы семена люпина сорта Олигарх. Инокуляция семян биопрепаратом была осуществлена следующим образом:

1. Приготовление навески семян в чашке Петри в количестве 25 г.

2. Приготовление контрольного раствора – инокулянта (20%-ный раствор бактериальной суспензии) и вариантов, модифицированных поливинилпирролидоном (2,5; 5,0 и 7,5%).

3. Инокуляция семян в чашках Петри приготовленными растворами (на 25 г семян – 0,25 мл раствора).

Определение числа живых клеток – колониеобразующих единиц (КОЕ) на одном семени люпина осуществлялось следующим образом:

1. Помещение 10 инокулированных семян из чашки Петри в пробирку с 10 мл стерильной воды с последующим ее встряхиванием на вортексе в течение 1 мин.

2. Приготовление серии последовательных разведений получившегося смыва с семями с последующим посевом на чашки Петри с агаризованной питательной средой (табл. 1).

3. Подсчет КОЕ на чашках Петри, определение числа бактерий на одном инокулированном семени люпина.

Повторность опыта четырехкратная.

Дисперсионный анализ полученных результатов проведен по методике Б.А. Доспехова (Доспехов, 2012). Разница по сравнению с контролем в вариантах с применением полимерных протекторов существенная, так как превышает значение НСР.

Результаты и их обсуждение. Первая часть работы заключалась в определении числа выживших клубеньковых бактерий (КОЕ) на семенах люпина спустя сутки после инокуляции, причем, помимо типичного рабочего раствора (20%-й раствор бактериальной суспензии в воде) исследовались и растворы, модифицированные 5%-ными растворами водорастворимых полимеров (рис. 1).

Показано, что все исследованные полимеры в той или иной степени способствуют сохранности бактерий на семенах люпина. Среди изучаемых полиме-

Материалы и методы исследования. Для обработки образца биопрепарата из ведомственной коллекции полезных микроорганизмов сельскохозяйственного назначения ФГБНУ ВНИИСХМ были взяты штаммы клубеньковой бактерии люпина *Rhizobium lupini* (шт. 363а) и *Rhizobium lupini* (шт. 367а). Препараты готовились путем инокуляции изучаемым штаммом полусинтетической среды (табл. 1) с последующим ее недельным термостатированием на шейкере.

ров наибольшей эффективностью в качестве протектора выделяется PVP в концентрации 5%. Если остальные четыре полимера спустя сутки после инокуляции сохраняют лишь в 2–3 раза больше ризобий, чем контрольный рабочий раствор, то PVP сохраняет на порядок большее число бактерий. Стоит отметить, что такие полимеры, как альгинат натрия и карбоксиметилцеллюлоза, существенно загущают рабочий раствор, что приводит к неравномерному нанесению на семена. Видимо, именно с этим связано значительное стандартное отклонение в результатах по альгинату натрия и карбоксиметилцеллюлозе. В свою очередь, PVP (как и PVA обеих изученных марок) достаточно легко растворяется в воде, при этом лишь незначительно повышая вязкость раствора, то есть поливинилпирролидон характеризуется значительно большей технологичностью в качестве протектора ризобий на семенах, чем альгинат натрия и карбоксиметилцеллюлоза.

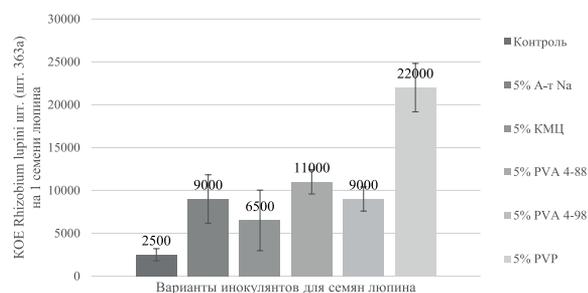


Рис. 1. Влияние различных концентраций водорастворимых полимеров на выживаемость бактерий *R. lupini* (шт. 363а) на инокулированных семенах (24 ч после инокуляции)

Fig. 1. Effect of various concentrations of water-soluble polymers on the survival of bacteria *R. lupini* (strain 363a) on inoculated seeds (24 hours after inoculation)

Вторая часть работы заключалась в определении динамики гибели клубеньковых бактерий люпина на инокулированных семенах в течение 168 ч в различных временных интервалах и концентрациях. Исследовалось влияние 2,5; 5,0 и 7,5%-ного растворов PVP на выживаемость бактерий, то есть определялась наиболее эффективная концентрация полимера.

Как можно увидеть, в контрольном варианте число колониеобразующих бактерий *R. lupini* (шт. 363а)

на инокулированных семенах падает от 95 000 (расчитанное через титр инокулянта максимально возможное количество бактерий на одном семени) практически до 0 за первые сутки после инокуляции. Для контрольного варианта характерны стремительное сокращение числа живых бактерий в первые 2 ч после инокуляции, относительно стабильный их уровень в промежутке от 2 до 8 ч после инокуляции и последующее сокращение практически до 0 в течение следующих суток (рис. 2).

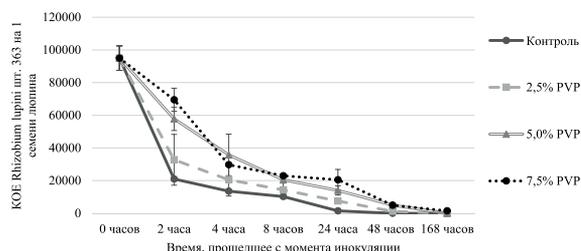


Рис. 2. Влияние различных концентраций поливинилпирролидона на выживаемость бактерий *R. lupini* (шт. 363а) на инокулированных семенах

Fig. 2. Effect of various concentrations of polyvinylpyrrolidone on the survival of bacteria *R. lupini* (strain 363a) on inoculated seeds (24 hours after inoculation)

Добавление PVP явно положительно сказывается на сохранности ризобий на инокулированных семенах, причем начиная уже с 2,5%-ной концентрации. Повышение концентрации PVP до 5% практически линейно увеличивает защитный эффект полимера; концентрация же в 7,5% по эффективности не отличается от 5%-ной (в пределах ошибки). То есть 5%-ную концентрацию PVP следует принять близкой к оптимальной в качестве протектора. Характерно не столь резкое падение числа ризобий в вариантах с PVP от нулевой точки в отличие от контроля, что может быть связано как с защитным действием полимера на бактерии, так и с тем, что он может выступать в ка-

честве «прилипателя», физически фиксируя большее количество бактерий на семенах.

В случае со штаммом *R. lupini* (шт. 367а) наблюдается схожая со штаммом *R. lupini* (шт. 363а) динамика гибели бактерий в контрольном варианте (рис. 3).

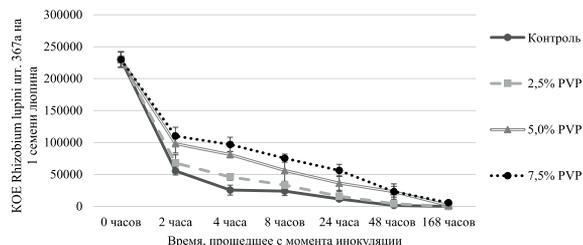


Рис. 3. Влияние различных концентраций поливинилпирролидона на выживаемость бактерий *R. lupini* (шт. 367а) на инокулированных семенах

Fig. 3. Effect of various concentrations of polyvinylpyrrolidone on the survival of bacteria *R. lupini* (strain 367a) on inoculated seeds (24 hours after inoculation)

Наблюдается похожее резкое падение числа бактерий в течение 4 ч после инокуляции, относительно постоянный их уровень в интервале от 4 до 8 ч и падение практически до 0 в течение 24 ч после инокуляции. Добавление PVP, так же как и в случае со штаммом *R. lupini* (шт. 363а), оказывает положительное влияние на выживаемость бактерий на семенах. Кроме того, наблюдается схожая со штаммом *R. lupini* (шт. 363а) зависимость эффективности поливинилпирролидона от концентрации в рабочем растворе.

Бактерии *R. lupini* (шт. 363а) и *R. lupini* (шт. 367а) на инокулированных семенах люпина сорта Олигарх находятся в явно неблагоприятных условиях, что выражается в резком сокращении численности клубеньковых бактерий на семенах с момента инокуляции. В контрольных вариантах число бактерий за первые 8 ч после инокуляции сокращается почти на порядок, а за первые 24 ч их число падает практически до 0 (табл. 2).

2. Влияние различных концентраций поливинилпирролидона на выживаемость бактерий *R. lupini* на инокулированных семенах

2. Effect of various concentrations of polyvinylpyrrolidone on the survival of bacteria *R. lupini* on inoculated seeds

Вариант	0 ч	2 ч	4 ч	8 ч	24 ч	48 ч	168 ч
<i>R. lupini</i> (шт. 363а)							
Контроль	95 000	21 000	13 500	10 250	1250	0	0
2,5% PVP	95 000	32 750	20 500	14 250	7500	1250	0
5% PVP	95 000	57 750	35 750	20 500	14 000	5000	0
7,5% PVP	95 000	69 500	29 750	23 000	20 500	5000	1500
HCP _{0,5}	0	9662	6701	2291	3948	1198	565
<i>R. lupini</i> (шт. 367а)							
Контроль	230 000	55 500	25 500	24 000	11 500	1500	0
2,5% PVP	230 000	68 000	46 250	33 375	16 000	4000	0
5% PVP	230 000	98 125	81 125	56 250	36 500	23 000	1500
7,5% PVP	230 000	110 125	97 000	75 500	56 375	23 250	5750
HCP _{0,5}	0	4814	6584	10434	8544	8430	795

Среди исследованных водорастворимых полимеров PVP способствует выживанию наибольшего числа ризобий обоих изученных штаммов, то есть данный полимер выступает в качестве наиболее эффективного протектора ризобий. Концентрация PVP в 5% по массе от рабочего раствора определена как близкая к оптимальной.

Выводы

В концентрации полимера PVP в растворе, равной 5%, он оказывает следующее влияние на бактерии обоих изученных штаммов.

1. В течение первых 2 ч после инокуляции выживает в 3–4 раза больше бактерий, чем в контрольном варианте, что может быть связано как с защитными свойствами поливинилпирролидона, так и с его свойствами в качестве «прилипателя» для бактерий.

2. Через 24 ч после инокуляции в варианте с PVP клубеньковых бактерий на порядок больше, чем в контрольного варианте.

3. Через 48 ч после инокуляции в контрольном варианте бактерии полностью погибают. В варианте

с полимером даже спустя 168 ч остается достаточное количество бактерий для образования эффективно-го симбиоза, то есть применение PVP потенциально способно увеличить допустимый срок между инокуляцией семян и их посевом до шести суток.

Библиографический список

1. Агеева П.А., Почутина Н.А. Результаты селекции сидерального узколистного люпина во Всероссийском научно-исследовательском институте люпина // Зернобобовые и крупяные культуры. 2013. № 2(6). С. 132–135.

2. Дебелый Г.А., Конорев П.М., Меднов А.В. Результаты и перспективы использования детерминантных сортов люпина узколистного // Агрехимический вестник. 2011. № 5. С. 25–26.

3. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Книга по Требованию, 2012. 351 с.

4. Кокорина А.Л., Кожемяков А.П. Бобово-ризобияльный симбиоз и применение микробиологических препаратов комплексного действия – важный резерв повышения продуктивности пашни. СПб.: Изд-во СПбГАУ, 2010. 50 с.

5. Кучин Н.Н., Мансуров А.П. Оценка консервирующих свойств исходного сырья для силосования // Вестник НГИЭИ. 2013. № 12(31). С. 50–55.

6. Лактионов Ю.В., Белоброва С.Н., Кожемяков А.П., Воробьев Н.И. и др. Эффективность бобово-ризобияльного симбиоза “Нут Cicer arietinum L. – бактерии *Mezorizobium cicer*” при использовании минеральных удобрений // Плодородие. № 5. 2013. С. 24–25.

7. Трухачев В.И., Кудашев Р.И., Половец Е.А. Продуктивность молодняка крупного рогатого скота при скормливании силоса из сорго сахарного в смеси с высокобелковыми кормовыми культурами // Достижения науки и техники АПК. 2010. № 11. С. 68–69.

8. Чекмарев П.А. Итоги реализации программы биологизации земледелия в Белгородской области // Земледелие. 2014. № 8. С. 3–6.

9. Keyser H.H., Fudi L. Potential for increasing biological nitrogen fixation in soybean // Plant and Soil. 1992. V. 141. P. 15–17.

10. Marra L.M., Fonseca Sousa Soares C.R., Oliveira S.M., Avelar Ferreira P.A., Soares B.L. Biological nitrogen fixation and phosphate solubilization by bacteria isolated from tropical soils // Plant Soil. 2012. V. 357. P. 289–307 (doi: 10.1007/s11104-012-1157-z).

11. Trukmann K. Uheaastase lupiini kasvatamises mojust tihedaks tallatud mullale / K. Trukmann, E. Reintam, J. Kuht // Conference on the Faculty of Agronomy of EAU. 2005. V. 220. P. 27–29.

References

1. Ageeva P.A., Pochutina N.A. Rezultaty selektsii sideralnogo uzkolistnogo liupina vo vserossiiskom nauchno-issledovatel'skom institute liupina [The breeding results of green-manured narrow-leaf lupine in the All-Russian Research Institute of Lupine] // Zernobobovye i krupianye kultury. 2013. № 2(6). S. 132–135.

2. Debelyj G.A., Konorev P.M., Mednov A.V. Rezultaty i perspektivy ispolzovaniia determinantnykh sortov liupina uzkolistnogo [The results and prospects of the use of determinant varieties of narrow-leaf lupine] // Aгрехимicheski vestneyk. 2011. №5. S. 25–26.

3. Dospheov B.A. Metodika polevogo opyta [Methodology of a field trial]. M.: Kniga po Trebovaniu, 2012. 351 s.

4. Kokorina A.L., Kozhemiakov A.P. Bobovo-rizobialnyi simbioz i primeneniie mikrobiologicheskikh preparatov kompleksnogo deistviia – vazhnyi rezerv povysheniia produktivnosti pashni [The legume-rhizobia symbiosis and application of microbiological preparations of complex action is an important reserve for increasing arable land productivity]. SPb.: SPGAU, 2010. 50 s.

5. Kuchin N.N., Mansurov A.P. Ocenka konserviruushchikh svoistv ishodnogo Syria dlia silosovaniia [Evaluation of preservative properties of raw materials for silage] // Vestnik NGIE'I. 2013. № 12(31). S. 50–55.

6. Laktionov Yu.V., Belobrova S.N., Kozhemyakov A.P., Vorob'yov N.I. i dr. Effektivnost bobovo-rizobialnogo simbioza “Nut Cicer arietinum L. – bakterii Mezorizobium cicer” pri ispolzovanii mineralnykh udobrenii [Efficiency of legume-rhizobia symbiosis “Chickpea Cicer arietinum L. – bacteria Mezorizobium cicer” at mineral fertilizing] // Plodorodie. № 5. № 2013. S. 24–25.

7. Truhachev V.I., Kudashev R.I., Polovets E.A. Produktivnost molodniaka krupnogo rogatogo skota pri skarmlivanii silosa iz sorgo sahar'nogo v smesi s vysokobelkovy'mi kormovymi kulturami [Productivity of young cattle when feeding with mixture of sweet sorghum with high protein fodder crops] // Dostizheniia nauki i tekhniki APK. 2010. № 11. S. 68–69.

8. Chekmarev P.A. Itogi realizatsii programmy biologizatcii zemledeliia v Belgorodskoi oblasti [Results of the Biological Agriculture Program in the Belgorod Region] // Zemledeliie. 2014. № 8. S. 3–6.

9. Keyser H.H. Potential for increasing biological nitrogen fixation in soybean / H.H. Keyser, L. Fudi // Plant and Soil. 1992. P. 141.

10. Marra L.M., Fonseca Sousa Soares C.R., Oliveira S.M., Avelar Ferreira P.A., Soares B.L. Biological nitrogen fixation and phosphate solubilization by bacteria isolated from tropical soils. Plant Soil. 2012. V. 357. P. 289–307 (doi: 10.1007/s11104-012-1157-z).

11. Trukmann K. Uheaastase lupiini kasvatamises mojust tihedaks tallatud mullale / K. Trukmann, E. Reintam, J. Kuht // Conference on the Faculty of Agronomy of EAU. 2005. V. 220. P. 27–29.

Критерии авторства. Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.