УДК 633.313: 631.847.211

DOI:10.31677/2072-6724-2020-55-2-27-33

### ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПОСЕВОВ ЛЮЦЕРНЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТИПА АЗОТНОГО ПИТАНИЯ

М. Ю. Козырева, аспирант Л. Ж. Басиева, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Горский государственный аграрный университет, Владикавказ, Россия E-mail: ironlag@mail.ru Ключевые слова: люцерна, минеральный азот, биологический азот, фотосинтетический потенциал, чистая продуктивность фотосинтеза

Реферат. Приведены результаты полевых исследований за 2017-2019 гг. фотосинтетических показателей люцерны в зависимости от типа азотного питания и симбиотической активности посевов. Опыты с люцерной синегибридной проведены в экологических условиях предгорной зоны Республики Северная Осетия-Алания на черноземах выщелоченных с близким залеганием галечника. Сравнивались минеральный и симбиотрофный типы азотного питания растений люцерны. Использовались минеральные азотные удобрения и биопрепараты на основе ризобий. В естественных условиях (контрольный вариант) посевы формировали фотосинтетический потенциал от 1701,3 тыс. м<sup>2</sup>·дней/га в год посева до 3624,3 тыс. м<sup>2</sup>-дней/га в посевах второго года жизни. Показатели посевов третьего года жизни имели промежуточные значения между первым и вторым годами пользования посевами. Эффект от стартовых доз азотных удобрений проявился только в год посева на ранних стадиях, когда симбиотическая система еще недостаточно развита и малоактивна. При оценке среднегодового показателя фотосинтетического потенциала стартовые дозы азота дали преимущество всего 1,6%. Максимальный положительный эффект обеспечила предпосевная инокуляция семян активными штаммами клубеньковых бактерий, при этом высокогорные штаммы ризобий были более эффективны. Среднегодовой показатель фотосинтетического потенциала по вариантам опыта находился в пределах 2699,1-3189,4 тыс. м<sup>2</sup>·дней/га, увеличиваясь по мере улучшения азотного питания. Инокуляция семян высокогорными штаммами клубеньковых бактерий увеличила фотосинтетический потенциал до максимальных значений, или на 18,2%. В этом же варианте, а также в варианте со стартовой дозой азота были достигнуты максимальные значения чистой продуктивности фотосинтеза, которые превысили показатели контрольного варианта на 0,09-0,11 г/м<sup>2</sup>·сут.

## PHOTOSYNTHETIC PARAMETERS OF ALFALFA CROPS IN RELATION TO THE TYPE OF NITROGEN NUTRITION

Kozyreva M.Iu., PhD-student
Basieva L.Zh., Candidate of Agriculture, Associate Professor
Gorsk State Agrarian University, Vladikavkaz, Russia

*Keywords:* medic, mineral nitrogen, biological nitrogen, photosynthetic potential, net photosynthetic productivity.

Abstract. The paper shows the results of field experiments conducted in 2017-2019. The experiments were devoted to photosynthetic indices of alfalfa in relation to the type of nitrogen nutrition and symbiotic activity of crops. The experiments with alfalfa blue-hybrid were carried out in environmental

conditions of the piedmont zone of RNO-Alania on chernozem leached soil with close occurrence of gravel. The researchers compared mineral and symbiotrophic types of nitrogen nutrition of alfalfa plants; they applied mineral nitrogen fertilizers and biospecimens on the basis of rizobium. In natural conditions (control group) the crops formed photosynthetic potential from 1701.3 thousand m²-days/ ha per year of sowing to 3624.3 thousand m²-days/ha in the second year of sowing. Crop rates in the third year had intermediate values between the first and second years of crop use. The effect of starting doses of nitrogen fertilizers was observed during the sowing year in its early stages, when the symbiotic system is still underdeveloped and inactive. When estimating the annual average photosynthetic potential, starting nitrogen doses gave an advantage of only 1.6%. Presowing inoculation of seeds by active strains of strawberry bacteria provided the maximum positive effect, while high mountain strains of rizobium were more effective. Average annual parameter of photosynthetic potential varied from 2699.1to3189.4 thousand m<sup>2</sup> days/ha, increasing with the improvement of nitrogen nutrition. Inoculation of seeds by high-altitude strains of tuber bacteria increased photosynthetic potential to its maximum values or by 18.2%. In the same variant, as well as in the variant with the starting dose of nitrogen, the maximum values of net productivity of photosynthesis were achieved, which exceeded the values of the control variant by  $0.09-0.11 \text{ g/m}^2$ - day.

В современных условиях недостатка техногенных средств для стабилизации и повышения плодородия почвы роль бобовых трав резко возрастает [1, 2]. В то же время они являются важным источником белка в кормопроизводстве. Особое место среди представителей этой группы культур принадлежит люцерне, которая является одним из лучших многолетних кормовых растений, пригодных для скармливания всем видам скота и птицы [3, 4].

Не менее важно и агротехническое значение посевов бобовых трав, особенно в свете принятия в России федерального закона об органической продукции и переходе на экологическое сельское хозяйство [5, 6]. Д.Н. Прянишников [7] указывал, что каждый миллион гектаров, занятый люцерной или клевером, обогащает почву таким количества азота, для производства которого потребовалось бы несколько азотно-туковых заводов. Это обстоятельство имеет важное значение с точки зрения экономии энергетических затрат при производстве азотных удобрений. К сожалению, до настоящего времени роль биологически фиксированного азота как фактора повышения плодородия почвы, а также эффективного приема активизации продукционного процесса бобовых культур еще недостаточно оценена.

Важнейшими характеристиками продукционного процесса являются показатели фотосинтетической деятельности, размеры которых определяются многими факторами, в том числе и обеспеченностью растений различными формами азота. Чем выше фотосинтетический потенциал посевов, тем больше солнечной энергии ими используется, клубеньковые бактерии лучше обеспечиваются необходимой энергией и ассимилянтами, а растения, в свою очередь, больше получают азота, биологически связанного ризобиями.

Немаловажное значение имеет и тип азотного питания. При минеральном типе питания у растений активизируются в основном ростовые процессы, увеличиваются количество и высота стеблей, общая биомасса растений [8]. При симбиотрофном типе питания улучшаются в основном качественные показатели травостоя (облиственность растений, площадь листьев, концентрация белка в биомассе). При этом главным условием реализации максимального биологического потенциала агроценозов являются оптимальные параметры факторов жизни растений [9]. Избыток, как и недостаток, определенного фактора может снижать урожай, его качество, и необоснованно завышать себестоимость получаемой продукции.

В этой связи цель наших исследований заключалась в изучении симбиотической активности и продуктивности люцерны в зависимости от типа азотного питания и наличия вирулентного активного штамма ризобий в

экологических условиях Предгорной зоны РСО-Алания.

### ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились в течение трех лет (2017–2019 гг.) на территории учебно-научно-производственного отдела Горского государственного аграрного университета. Почвенный покров представлен черноземом выщелоченным, подстилающимся галечником с глубины 60–80 см и характеризующимся средним содержанием гумуса – 4,5–6,0% [10].

Объектами исследований являлись: люцерна синегибридная (*Medicago varia* Mart.) районированного в Северо-Кавказском регионе сорта Вега 87, а также местные расы клубеньковых бактерий рода *Sinorhizobium*, отобранные нами из ризосферной части растений люцерны на различных высотных отметках в экологических условиях Республики Северная Осетия—Алания.

В полевом опыте для предпосевной инокуляции семян применяли инокулюм на основе диких рас клубеньковых бактерий, отобранных в высокогорных условиях (1800 м над уровнем моря, с. Зарамаг РСО—Алания), а также промышленный штамм ризоторфина марки 425а (ВНИИСХМ, г. Санкт-Петербург), рекомендуемый исследователями в данных природно-климатических условиях [11, 12]. Стартовую дозу минеральных форм азота (30 кг д.в./га) вносили ежегодно под предпосевную культивацию и рано весной на посевах второго и третьего года жизни растений.

Климатические условия года посева (2017) были близки к среднемноголетним данным, тогда как второй (2018) и третий (2019) годы исследований отличились экстремальными отклонениями как по условиям увлажнения, так и по температурным показателям.

Схема опыта (вариант):

- 1. Контроль естественное плодородие почвы.
- 2. Ин-1800 предпосевная инокуляция семян инокулюмом штаммов азотфиксирую-

щих бактерий, отобранных в высокогорных условиях, для изучения вопросов их интродукции и определения конкурентоспособности в равнинных, более благоприятных экологических условиях.

- 3. Шт. 425а предпосевная инокуляция семян промышленным штаммом ризоторфина для сравнительной оценки с местными штаммами ризобий и дикими высокогорными расами клубеньковых бактерий.
- 4. N<sub>30</sub> ежегодное внесение стартовых доз азотных удобрений для изучения активности симбиотической деятельности бобоворизобиального ценоза в присутствии минеральных форм азота.
- 5.  $N_{30}$  + Ин применение предпосевной инокуляции семян высокогорными штаммами азотфиксирующих бактерий на фоне ежегодных стартовых доз минеральных форм азота для изучения возможности совместного использования указанных агротехнических приемов.

Повторность в опыте четырехкратная, размещение вариантов – рендомизированное, площадь делянки  $36 \text{ м}^2$  ( $3,6\times10$ ). Методики проведения полевого опыта, определения фотосинтетических показателей и статистической обработки данных – общепринятые [13, 14].

# РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Фотосинтетическая деятельность является главной составляющей продукционного процесса растений. Активность данного физиологического механизма во многом определяется обеспеченностью растений биологически связанным азотом. Фиксированный симбиотической системой азот воздуха, участвуя в синтезе белка, входит в состав хлоропластов, в которых собственно и осуществляется процесс фотосинтеза. В то же время энергия, аккумулированная в процессе фотосинтеза, активно используется бобово-ризобиальной системой для процессов азотфиксации. На данный взаимовыгодный «обмен» могут оказывать лимитирующее действие

многие экологические факторы, в том числе агрохимические средства и, в частности, минеральные формы азота. Нитраты, потребляемые растениями, требуют дополнительного расхода энергии на переход в аммиачную форму, тогда как фиксированный ризобиями азот доставляется растениям уже в «нужном» состоянии.

Растения и микроорганизмы связаны между собой многочисленными, сложившимися в процессе коэволюции связями, следовательно, их необходимо изучать как единую

систему, открытую и лабильную, мгновенно реагирующую на любые изменения в биоценозе [15].

В наших исследованиях в естественных условиях (контрольный вариант) посевы формировали фотосинтетический потенциал (ФП) от 1701,3 тыс. м<sup>2</sup>·дней/га в год посева до 3624,3 в посевах второго года жизни. Показатели посевов третьего года жизни имели промежуточные значения между первым и вторым годами пользования посевами (таблица).

Фотосинтетический потенциал посевов люцерны в зависимости от типа азотного питания, тыс. м<sup>2</sup>·дней/га Photosynthetic potential capacity of alfalfa crops in relation to nitrogen supply type, thousand m<sup>2</sup>·days/ha

Показатель	Вариант					HCD
	контроль	Ин-1800	Шт. 425а	N <sub>30</sub>	$N_{30} + И_{H}$	HCP <sub>05</sub>
2017 г. (год посева)						
Первый укос	951,3	1126,8	1085,4	1023,3	1048,0	
Второй укос	750,0	872,1	844,6	764,1	841,6	
Всего за год	1701,3	1998,9	1930,0	1787,4	1889,6	120,7
2018 г. (второй год жизни)						
Первый укос	1455,9	1909,1	1820,1	1475,8	1898,1	
Второй укос	1191,7	1458,1	1377,4	1168,1	1441,0	
Третий укос	976,8	1112,3	1049,1	999,7	1107,0	
Всего за год	3624,3	4479,5	4246,6	3643,5	4446,0	306,5
2019 г. (третий год жизни)						
Первый укос	1250,3	1329,8	1284,0	1263,8	1334,3	
Второй укос	832,7	951,3	888,2	827,2	958,2	
Третий укос	688,7	808,9	780,1	702,2	794,2	
Всего за год	2771,6	3089,9	2952,3	2793,1	3086,6	172,1
Итого за 3 года	8097,2	9568,3	9128,9	8224,0	9422,2	

Сравнительно близкие к контролю показатели имел вариант с внесением стартовых доз минеральных азотных удобрений (в год посева различия между вариантами составили 86,1 тыс. м²-дней/га, или 5,1%, на второй и третий годы жизни -19,2-21,5 тыс. м²-дней/га, или 0,5-0,7%).

Эффект от стартовых доз проявился только в год посева на ранних стадиях, когда симбиотическая система еще недостаточно развита и малоактивна. Так, к моменту первого укоса  $\Phi\Pi$  в варианте  $N_{30}$  превышал посевы контрольного варианта на 72 тыс. м²-дней/га (7,6%), а к моменту второго укоса — всего на 14,1 тыс. ед. (1,9 %).

Дополнительная предпосевная инокуляция семян активными штаммами ризобий на фоне применения стартовых доз азота (N<sub>30</sub> + Ин) способствовала увеличению ассимиляционной поверхности и, как следствие, показателя фотосинтетического потенциала (среднегодовой ФП вырос на 399,4 тыс. ед., или 14,5 %, в сравнении с 4-м вариантом и на 441,6 тыс. ед., или 16,4 %, в сравнении с контрольным). При этом в год посева эффект только от инокуляции семян (5-й вариант в сравнении с 4-м) составил всего 5,7 %, во второй год превышение достигло 22,0 % и на третий год – 10,5 % (см. таблицу). Следует также отметить, что в год посева эффективность инокуляции к первому укосу составляла всего

2,4% (1048,0 против 1023,3 тыс. ед.), а ко второму укосу увеличилась до 10,1% (841,6 против 764,1 тыс. ед.).

Анализируя приведенные данные, можно заключить, что негативное влияние минеральных форм азота на развитие и активность симбиотической системы бобовых и, соответственно,  $\Phi\Pi$  проявляется в основном на ранних этапах формирования посевов, в период, когда бобово-ризобиальный симбиоз находится только в стадии формирования. В дальнейшем, при развитой и активной симбиотической системе, отрицательное влияние стартовых доз азотных удобрений нивелируется, а показатели вариантов  $N_{30}$  + Ин и Ин-1800 выравниваются и становятся практически идентичными.

Максимальный положительный эффект на формирование фотосинтетического потенциала в год посева оказала предпосевная инокуляция семян активными штаммами клубеньковых бактерий во втором и третьем вариантах (1930,0–1998,9 тыс. м²·дней/га). Превышение над контролем достигало 13,4–17,5%, при этом высокогорные штаммы ризобий были более эффективны. В последующие годы посевы с промышленным штаммом (425а) уступали показателям посевов с высокогорными штаммами (2-й и 5-й варианты) в среднем на 4,7–5,5%.

Среднегодовой показатель ФП по вариантам опыта находился в пределах 2699,1—

3189,4 тыс.  $м^2$ -дней/га, увеличиваясь по мере улучшения азотного питания. При этом от стартовых доз азота эффект составил всего 1,6 % (2741,3 против 2699,1 тыс. ед.).

Предпосевная инокуляция семян промышленным штаммом ризоторфина увеличила суммарную площадь листьев на 343,8 тыс. м<sup>2</sup>·дней/га, или 12,7 %, а инокуляция семян высокогорными штаммами клубеньковых бактерий повысила ФП до максимальных значений – 3189,4 тыс. ед., или на 18,2 %. При дополнительном применении стартовых доз азота преимущество над контрольным вариантом в размерах ФП снизилось до 16,4% (3140,7 против 2699,1 тыс. ед.).

Одним из основных результирующих показателей продукционного процесса является показатель чистой продуктивности фотосинтеза (ЧПФ), характеризующий интенсивность фотосинтетической деятельности. На данный показатель оказывают влияние многие факторы среды, среди которых важнейшими представляются влагообеспеченность вегетационного периода, а также обеспеченность растений питательными элементами, и в первую очередь азотом.

В год посева показатель ЧПФ находился в диапазоне 2,06-2,17 г/м<sup>2</sup> сут и изменялся в зависимости от условий азотного питания (рисунок).



Чистая продуктивность фотосинтеза люцерны в зависимости от типа азотного питания Net photosynthetic productivity of medic in relation to the nitrogen supply type

Минимальный размер ЧПФ отмечался в контрольном варианте. В вариантах с внесением стартовых доз азота ( $N_{30}$ ) и промыш-

ленным штаммом ризоторфина (425а) ЧПФ выросла на 0,03–0,04 г/м<sup>2</sup>·сут. Максимальные значения ЧПФ были достигнуты в вариантах

с использованием высокогорных штаммов клубеньковых бактерий (Ин-1800 и  $N_{30}$  + Ин), которые превысили показатели контрольного варианта на  $0.09{-}0.11~\text{г/м}^2\cdot\text{сут}$ .

Средний показатель чистой продуктивности фотосинтеза, рассчитанный за три года пользования посевами, имеет ту же тенденцию, что и показатели года посева, но с меньшими колебаниями по вариантам — от 1,97 до  $2,03 \, \Gamma/M^2 \cdot \text{сут}$ .

### выводы

1. Максимальный положительный эффект оказала предпосевная инокуляция семян

активными штаммами клубеньковых бактерий, при этом высокогорные штаммы ризобий были более эффективны. Среднегодовой показатель ФП по вариантам опыта находился в пределах 2699,1–3189,4 тыс. м<sup>2</sup>·дней/га, увеличиваясь по мере улучшения азотного питания.

- 2. Инокуляция семян высокогорными штаммами клубеньковых бактерий увеличила ФП до максимальных значений, или на 18,2 %.
- 3. В вариантах Ин-1800 и  $N_{30}$  + Ин были достигнуты максимальные значения ЧПФ, которые превысили показатели контрольного варианта на  $0.09-0.11 \text{ г/м}^2 \cdot \text{сут}$ .

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1. *Biologizing* technologies for crops cultivation / A.T. Farniev, A.Kh. Kozyrev, A.A. Sabanova [et al.] // Indo American Journal of Pharmaceutical Sciences. 2019. T. 6, N 5. P. 8956–8962. DOI: 10.5281/ zenodo.2669529.
- 2. Доев Д.Н., Козырев А.Х. Агроэкологическое значение посевов люцерны в условиях вертикальной зональности РСО-Алания // Известия Горского государственного аграрного университета. 2016. Т. 53, № 4. С. 223–228.
- 3. *Козырев А.Х., Фарниев А.Т., Болатати Н.О.* Биоресурсный потенциал бобово-ризобиального симбиоза люцерны в условиях РСО-Алания // Известия Горского государственного аграрного университета. 2017. Т. 54, № 4. С. 181–188.
- 4. *Фарниев А.Т., Козырев А.Х.* Ресурсосберегающая технология возделывания люцерны на сено и семена // Известия Горского государственного аграрного университета. 2013. Т. 50, № 2. С. 67–75.
- 5. *Продуктивность* донника желтого в зависимости от условий минерального питания / А.Т. Фарниев, А.Х. Козырев, Р.Б. Темираев, П.В. Алборова // Известия Горского государственного аграрного университета. 2011. Т. 48, № 2. С. 36–39.
- 6. *Фарниев А.Т., Сабанова А.А., Козырев А.Х.* Роль люцерны и козлятника восточного в биологизации земледелия в РСО-Алания // Аграрная Россия. 2004. № 1. С. 24–26.
- 7. *Прянишников Д.Н.* Азотный баланс в земледелии и значение культуры бобовых // Избр. соч. 1963. Т. 3.
- 8. *Бедило Н.А.* Продуктивность, кормовая ценность и симбиотическая активность видов бобовых трав и их травосмесей на черноземе выщелоченном Западного Предкавказья: дис. ... канд. с.-х. наук. Краснодар, 2016. 131 с.
- 9. *Фарниев А.Т., Козырев А.Х.* Роль агротехнических приемов в повышении интенсивности азотофиксации клубеньковыми бактериями люцерны на выщелоченных черноземах РСО-Алания // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. − 1998. − № 1. − С. 87.
- 10. Дзанагов С.Х. Плодородие почв и удобрения. Орджоникидзе: Ир, 1987. 199 с.
- 11. *Козырев А.Х., Фарниев А.Т.* Продуктивность посевов люцерны в зависимости от интенсивности азотфиксации в условиях Центральной части Северного Кавказа // Кормопроизводство. -2009. № 7. С. 28-31.
- 12. *Козырев А.Х., Уртаев А.Л., Алборова П.В.* Биологическая фиксация азота воздуха донником желтым в предгорной зоне РСО–Алания // Известия Горского государственного аграрного университета. 2014. Т. 51, № 3. С. 71–77.

- 13. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Колос, 1979. 416 с.
- 14. *Ничипорович А.А.* Фотосинтез и теория получения высоких урожаев. М.: Изд-во АН СССР, 1956. 95 с.
- 15. *Овчаренко Н.С., Козырев А.Х.* Микромицеты ароматических и лекарственных растений Крыма. Владикавказ: ФГБОУ ВО «Горский госагроуниверситет», 2018. 256 с.

#### REFERENCES

- 1. Farniev A.T., Kozyrev A.Kh., Sabanova A.A., Kokoev Kh.P., Khanaeva D.K., Bazaeva L.M., Alborova P.V. Biologizing technologies for crops cultivation. *Indo American Journal of Pharmaceutical Sciences*, 2019, Vol. 6, No. 5, pp. 8956–8962. DOI: 10.5281/zenodo.2669529.
- 2. Doev D. N., Kozyrev A. Kh. *Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2016, Vol. 53, No. 4, pp. 223-228. (In Russ.)
- 3. Kozyrev A. Kh., Farniev A. T., Bolatati N. O. *Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2017, Vol. 54, No. 4, pp. 181-188. (In Russ.)
- 4. Farniev A. T., Kozyrev A. Kh. *Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2013, Vol. 50, No. 2, pp. 67-75. (In Russ.)
- 5. Farniev A. T., Kozyrev A. Kh., Temiraev R. B., Alborova P. V. *Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2011, Vol. 48, No. 2, pp. 36-39. (In Russ.)
- 6. Farniev A.T., Sabanova A.A., Kozyrev A.Kh. Agrarnaya Rossiya, 2004, No. 1, pp. 24-26. (In Russ.)
- 7. Pryanishnikov D.N. *Azotnyi balans v zemledelii i znachenie kul'tury bobovykh* (Nitrogen balance in farming and the importance of legume culture), 1963, N. 3.
- 8. Bedilo N.A. *Produktivnost'*, *kormovaya tsennost'* i *simbioticheskaya aktivnost'* vidov bobovykh trav i ikh travosmesei na chernozeme vyshchelochen-nom zapadnogo Predkavkaz'ya (Productivity, feed value and symbiotic activity of species of leguminous herbs and their traumas on the black earth of the leached western Pre-Caucasus), Krasnodar, 2016, 131 p.
- 9. Farniev A.T., Kozyrev A.Kh. *Izvestiya Timiryazevskoi sel'skokhozyaistvennoi akademii*, 1998, No. 1, p. 87. (In Russ.)
- 10. Dzanagov S. Kh. *Plodorodie pochv i udobreniya* (Soil fertility and fertilizers), Ordzhonikidze: Ir, 1987, 199 p.
- 11. Kozyrev A.Kh., Farniev A.T. Kormoproizvodstvo, 2009, No. 7, pp. 28-31. (In Russ.)
- 12. Kozyrev A.Kh., Urtaev A.L., Alborova P.V. *Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2014, Vol. 51, No. 3, pp. 71-77. (In Russ.)
- 13. Dospekhov B.A. *Metodika polevogo opyta (S osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovanii)* (Field experience methodology (with basic statistical processing of research results)), Moscow: Kolos, 1979, 416 p.
- 14. Nichiporovich A.A. *Fotosintez i teoriya polucheniya vysokikh urozhaev* (Photosynthesis and high yield theory), Moscow: AN SSSR, 1956, 95 p.
- 15. Ovcharenko N.S., Kozyrev A.Kh. *Mikromitsety aromaticheskikh i le-karstvennykh rastenii Kryma* (Micromycets of aromatic and medicinal plants of Crimea), Vladikavkaz: FGBOU VO «Gorskii gosagrouniversitet», 2018, 256 p.