

УДК 631.95:581.5

ПОЧВЕННО-РИЗОСФЕРНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ FАBАСЕАЕ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ В КУЛЬТУРЕ НА КАРБОНАТНЫХ ПОЧВАХ

Думачева Е.В., Чернявских В.И.

*Белгородский государственный научный исследовательский университет,
Белгород, e-mail: dumacheva@bsu.edu.ru*

Изучали почвенно-ризосферные взаимодействия хозяйственно-полезных видов Fabaceae (*Medicago varia* Martyn, *Lotus corniculatus* L.) при возделывании в чистых и смешанных посевах. Целью исследования было выявление критериев отбора конкурентоспособных и долголетних форм для конструирования устойчивых агрофитоценозов на карбонатных почвах. Общей для видов Fabaceae тенденцией при выращивании в смешанном посеве являлось ускоренное выделение устойчивых форм с ризосферным индексом, свойственным долголетним формам. Эта закономерность прослеживалась наиболее явно у *M. varia* Martyn. К 4-му году жизни в смешанных травостоях при конкуренции выживают особи, обладающие определенным комплексом признаков экологической устойчивости и долголетия. В чистых посевах такие особи выделяются значительно позднее – к 7-му году жизни. Установлено, что использование ризосферного индекса может стать одним из критериев отбора конкурентоспособных и долголетних форм для конструирования устойчивых агрофитоценозов на карбонатных почвах.

Ключевые слова: хозяйственно-ценные виды Fabaceae, агрофитоценозы с одновидовым и смешанным травостоем, карбонатные почвы, почвенно-ризосферное взаимодействие

SOIL RHIZOSPHERE INTERACTIONS TAKING PLACE BETWEEN SPECIES FABACEAE GROWN ON THE CALCAREOUS SOILS

Dumacheva E.V., Cherniavskih V.I.

Belgorod State University, Belgorod, e-mail: dumacheva@bsu.edu.ru

The present article summarizes the study of soil rhizosphere interactions taking place between economically valuable species Fabaceae (*Medicago varia* Martyn, *Lotus corniculatus* L.) grown in pure and mixed stands. The main aim of the study was determination of selection criterion of competitive long-standing forms for the purpose of creation of stable agricultural formation on calcareous soils. Accelerated selection of stable forms with rhizosphere index is general tendency for species Fabaceae grown in mixed stands. The tendency was explicitly defined in *M. varia* Martyn. It was found that ecologically sustainable long-standing forms survived by the fourth year in mixed herbage, while in pure stands such forms were derived much later – by the seventh year of life. It was proved that rhizosphere index may be used as one of the selection criterion of competitive long-standing forms for creation of stable agricultural formation on calcareous soils.

Keywords: economically valuable species Fabaceae, agricultural formation with single-mode and mixed herbage, calcareous soils, soil rhizosphere interactions

Почвенно-растительные взаимоотношения в значительной степени зависят от экологических особенностей видов, функционального типа жизненных стратегий, а также взаимодействий в системе генотип-среда [2, 9]. При долголетнем использовании бобовые травы в смешанных агрофитоценозах не выдерживают конкуренции со злаками, и постепенно доля их участия снижается до минимума [1, 7]. Хотя именно бобовый компонент определяет ценность травостоев как с точки зрения повышения почвенного плодородия, так и в качестве основы кормопроизводства.

Устойчивость растений, уровень их конкурентоспособности при межвидовых взаимодействиях и в борьбе за обладание пространством может определяться разнообразными факторами в подземной сфере: величиной рН почвенного раствора в ризосферной зоне и вне нее; динамикой минерального режима и степенью доступности элементов питания; развитием специфических микроорганизмов и т.д. [6, 8, 10, 11].

Сложность и разнонаправленность показателей требует разработки относительных величин (индексов), позволяющих объективно и комплексно оценить степень воздействия факторов в целом, а также выявить системность наблюдаемых изменений [5].

В связи с этим, целью исследований было изучение почвенно-ризосферных взаимодействий хозяйственно-полезных видов Fabaceae при возделывании в чистых и смешанных посевах и выявление критериев отбора конкурентоспособных и долголетних форм для конструирования устойчивых агрофитоценозов на карбонатных почвах.

Материалы и методы исследования

Объектами исследования были хозяйственно-ценные виды семейства Fabaceae: люцерна изменчивая (*Medicago varia* Martyn) и лядвенец рогатый (*Lotus corniculatus* L.). Бобовые травы выращивали в чистом виде и в составе злаково-бобовой травосмеси с компонентами: райграс пастбищный (*Lolium perenne* L.), овсяница красная (*Festuca rubra* L.), овсяница овечья (*Festuca ovina* L.). Стационарный двухфакторный опыт по изучению многолетних бобовых

трав проводился в 2002–2008 гг. в Ботаническом саду НИУ «БелГУ» на склоне северо-восточной экспозиции. Почва участка – чернозем типичный карбонатный слабосмытый с содержанием гумуса перед закладкой опыта 3,94–4,05, $pH_{KCl} = 7,30–7,32$. Изучение химических свойств ризосферной и неризосферной почвы под различными видами бобовых трав проводили в 2005 и 2008 гг., т.е. на 4-м и 7-м году жизни травостоев. Анализы, наблюдения, учеты и математическую обработку полученных данных проводили по стандартным методикам, принятым в опытах с многолетними травами [3, 4].

Результаты исследования и их обсуждение

Динамика сохранности видов Fabaceae в агрофитоценозах. Изучение сохранности многолетних видов Fabaceae в агрофитоценозах с одновидовым и смешанным травостоем показало, что снижение количества особей в посевах начиналось с 2004 г. (3-го года жизни). Проведенный дисперсионный анализ показал, что на 2–4-й годы жизни посевов доля участия фактора «вид трав» при формировании показателя «сохранность посевов» составляла 40,2%, в то время как фактор «способ посева» и доля взаимодействия факторов были минимальными – 0,4 и 0,22% соответственно. Доля влияния условий года составила 19,3%, а случайных факторов – 4,0%. В последние три года жизни возросла доля влияния фактора «способ посева» до 39,24%, взаимодействия факторов – до 17,42%, при сохранении практически на том же уровне участия фактора «вид трав» – 42,63%, незначительном влиянии условий года – 0,16% и случайных факторов – 0,55%.

Полученные данные свидетельствуют о высокой степени зависимости сохранности посевов от вида бобовых на начальных этапах жизни травостоев. На более поздних этапах конкуренция со злаками становилась определяющим фактором элиминации малолетних и менее конкурентоспособных особей бобовых на фоне стабилизации сохранности более долголетних и конкурентоспособных форм.

Динамика некоторых агрохимических показателей ризосферной и неризосферной почвы. Определение кислотности почвы, содержания доступных форм азота, фосфора и калия в ризосфере и вне нее выявило различную динамику этих показателей, как в зависимости от вида и способа посева, так и от долголетия травостоев.

В год закладки опыта (2002 г.) кислотность (pH_{KCl}) почвы на опытном участке была в пределах 7,30–7,32. К 4-му году жизни (2005 г.) в прикорневой зоне *M. varia Martyn* максимальное подкисление почвы до 7,10 ($Cv = 4,3\%$) наблюдалось в чистом

посеве, менее значительное – в смешанном посеве – до 7,23 ($Cv = 2,7\%$). В конце опыта (2008 г.) у сохранившихся растений *M. varia Martyn* в прикорневой зоне pH_{KCl} смещался в щелочную сторону: до 7,33 ($Cv = 3,1\%$) в чистом и до 7,39 ($Cv = 4,6\%$) в смешанном посеве. При этом вне ризосферы кислотность оставалась на уровне исходной: в пределах 7,31–7,33 при достаточно стабильном показателе коэффициента вариации 3,1–5,8%.

Содержание общего азота зависело от способа посева *M. varia Martyn*. В ризосфере чистого посева уровень азота за три года (с 2005 по 2008 гг.) снизился на 8,1%, смешанного – увеличился на 3,2% ($Cv = 6,6\%$); вне ризосферы повысился в среднем на 6,2% ($Cv = 11,7\%$), как в чистом, так и в смешанном посеве. Содержание легкогидролизуемого азота в ризосфере *M. varia Martyn* в среднем было невысоким – 68,7–86,5 мг/кг, вне ризосферы – 63,0–68,3 мг/кг. При этом к 2008 г. количество доступного азота в ризосфере чистого посева за три года снизилось на 20,1%, смешанного – на 9,3%, при уровне варьирования показателя в пределах 5,2–5,9%. Вне ризосферы содержание азота менялось в пределах ошибки опыта ($Cv = 9,8–14,4\%$).

Анализ фосфатного режима в почве под *M. varia Martyn* показал, что к 7-му году жизни растений в одновидовом посеве содержание подвижного фосфора в ризосфере снизилось по сравнению с уровнем 2005 г. на 14,1% ($Cv = 4,2\%$). Вне ризосферы эта тенденция была выражена слабее при достаточно сильном варьировании признака по годам ($Cv = 10,3–23,4\%$). В смешанном посеве, напротив, в ризосфере уровень доступного фосфора с 2005 по 2008 гг. вырос на 11,9% ($Cv = 6,8\%$), и такая же тенденция наблюдалась вне ризосферы при $Cv = 12,1–17,5\%$.

Содержание подвижного калия в почве под *M. varia Martyn* в среднем за три последних года жизни существенно снизилось. Так, в ризосфере чистого посева уровень доступного калия уменьшился на 17,3%, смешанного – на 4,5% при среднем варьировании признака в пределах 5,4–8,7%. Вне ризосферы количество калия, как в чистом посеве, так и в смешанном, не изменялось.

Изучение агрохимических показателей почвы в агрофитоценозах с одновидовым и смешанным травостоем *L. corniculatus L.* в 2005 г. показало некоторое повышение кислотности до 7,22 ($Cv = 3,4\%$) только в ризосфере чистого посева, в смеси со злаками реакция почвенного раствора сместилась в щелочную сторону до 7,34 ($Cv = 3,1\%$).

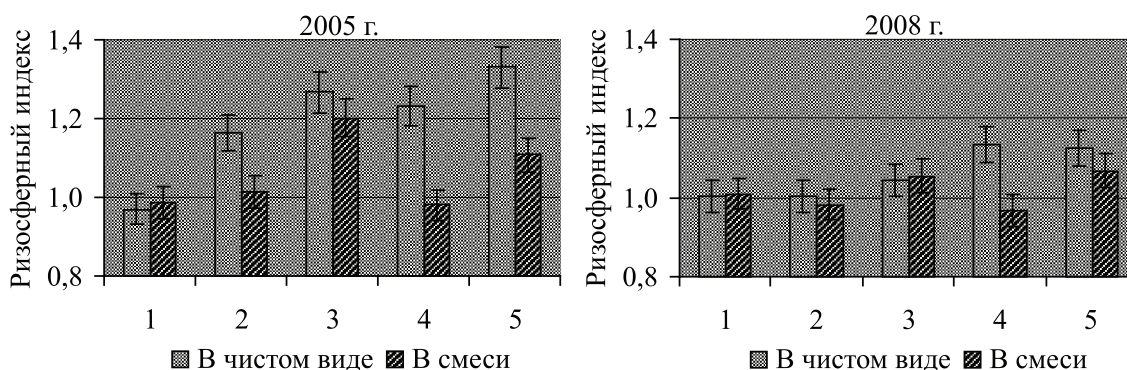
К концу опыта (2008 г.) в прикорневой зоне сохранившихся растений *L. corniculatus* L. рН повысился до 7,39 в чистом и 7,40 в смешанном посеве при $C_v = 2,9\%$ и $4,4\%$ соответственно. Вне ризосферы реакция почвенного раствора на протяжении всего опыта сохранялась на уровне исходной – 7,31–7,33 ($C_v = 3,7-6,6\%$). Содержание общего азота в почве постепенно снижалось в ризосфере чистого посева на $3,7\%$, смешанного – на $2,8\%$. Вне ризосферы содержание общего азота практически не изменялось. При этом тенденция была наиболее устойчивой в прикорневой зоне: коэффициент вариации в ризосфере в среднем составил $7,8\%$, вне ризосферы – $14,8\%$.

Уровень легкогидролизуемого азота в почве под *L. corniculatus* L. в среднем был низким: в ризосфере в пределах 67,8–75,3 мг/кг, вне ризосферы – 62,8–66,3 мг/кг, т.е. его содержание в ризосфере чистого посева *L. corniculatus* L. за три года снизилось на $9,3\%$, смешанного – на $5,8\%$ ($C_v = 3,1-9,1\%$). Вне ризосферы содержание доступного азота оставалось в пределах ошибки опыта ($C_v = 7,5-13,3\%$).

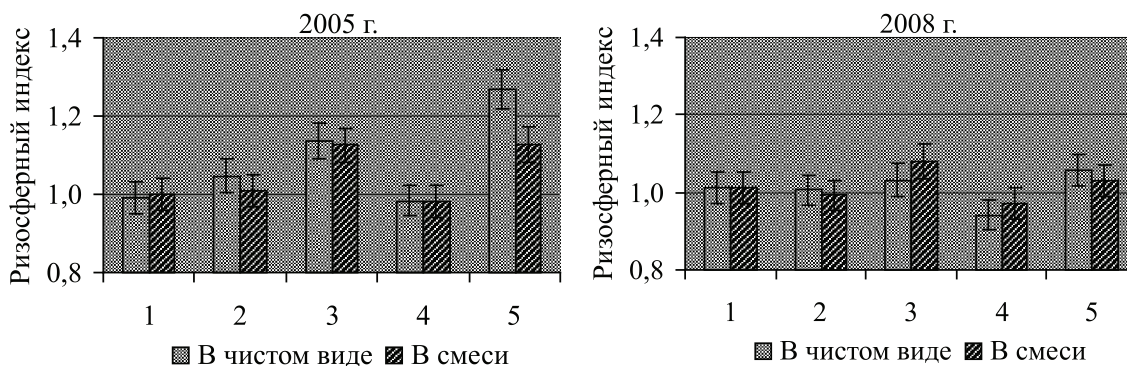
На 7-м году жизни растений уровень доступного фосфора в ризосфере ($C_v = 6,5-8,2\%$) и вне ризосферы ($C_v = 5,6-19,9\%$) при всех способах посева практически не менялся. Содержание подвижного калия в ризосферной почве в среднем за три года существенно снизилось: в чистом посеве на $11,6\%$ ($C_v = 9,1\%$), смешанном – на $11,1\%$ ($C_v = 7,1\%$). Вне ризосферы в чистом посеве его уровень снизился на $5,8\%$ ($C_v = 17,7\%$), в смешанном посеве практически не изменился ($C_v = 16,4\%$).

Для выявления динамики почвенно-ризосферных взаимоотношений в прикорневой зоне и вне нее у различных видов многолетних бобовых трав в зависимости от способа посева и долголетия популяций мы ввели относительный показатель – ризосферный индекс (РИ), определяемый как отношение содержания элемента в ризосферной почве к неризосферной. Проведенный анализ ризосферных индексов позволил выявить общие тенденции в динамике химических показателей в прикорневой зоне у видов Fabaceae (рисунок).

M. varia Martyn



L. corniculatus L.



Ризосферный индекс (РИ) чистых и смешанных посевов отдельных видов Fabaceae (соотношение ризосфера/вне ризосферы):
 1 – РИ кислотности почвы; 2 – РИ общего азота; 3 – РИ легкогидролизуемого азота;
 4 – РИ фосфора; 5 – РИ калия

В 2005 г. (на 4-й год жизни) в одновидовых посевах у *M. varia* Martyn РИ кислотности почвы был минимальным – 0,97, несколько выше у *L. corniculatus* L. – 0,99. В ризосфере *M. varia* Martyn наблюдался повышенный, по сравнению со смешанным посевом, уровень общего и легкогидролизуемого азота, фосфора и калия. У *L. corniculatus* L. динамика ризосферных индексов по всем химическим элементам кроме калия, была выражена слабее и разница была несущественной.

К концу опыта (2008 г.) разница РИ между чистыми и смешанными посевами у сохранившихся бобовых растений нивелировалась и не превышала пределов ошибки опыта. Исключение составил высокий индекс фосфора у *M. varia* Martyn в чистом виде – 1,12 против 1,07 в смешанном посеве. Анализ величин РИ в 2005 и 2008 гг. показал, что сохранившиеся к концу опыта долголетние формы *L. corniculatus* L. по величине РИ общего азота, фосфора и калия практически не отличались от форм, которые в смешанных посевах у этих видов сформировались уже на 4-й год жизни.

Обсуждение результатов. Было установлено, что почва в зоне ризосферы к 4-му году жизни травостоев в чистом посеве подкислялась, наиболее значительно у *M. varia* Martyn. В ризосфере смешанных посевов подкисление среды было выражено слабее, а у *L. corniculatus* L. отмечен сдвиг рН в щелочную сторону. По мере увеличения долголетия посевов у всех выживших растений в ризосфере, независимо от способа посева, наблюдалось подщелачивание почвенного раствора до уровня 7,39–7,40. Важно отметить, что вне ризосферы по всем вариантам опыта существенных изменений уровня кислотности отмечено не было.

У всех изученных видов многолетних бобовых трав в подземной сфере по мере старения травостоев отмечена тенденция увеличения содержания общего азота при снижении уровня доступного легкогидролизуемого азота как в ризосфере, так и вне нее. Содержания фосфора в ризосферной и в неризосферной почве динамично изменялось только у *M. varia* Martyn. Содержание калия в ризосферной почве имело тенденцию к снижению у всех культур во всех вариантах опыта. При этом все наблюдаемые изменения были наиболее выражены в ризосфере у *M. varia* Martyn.

Особь, сохранившиеся в результате конкурентных отношений при возделывании в смешанном посеве в 2005 г., практически

не отличались по основным показателям от сохранившихся до 2008 г. Установленная закономерность может свидетельствовать о более жестком конкурентном отборе, происходящем у растений в смешанных посевах с первых лет жизни. В результате, уже к 4-му году в условиях конкурентных отношений смешанных травостоев выживают особи, обладающие определенным комплексом признаков экологической устойчивости и долголетия. В чистых посевах такие особи также выделяются, только значительно позднее – к 7-му году жизни.

Заключение

В результате изучения почвенно-ризосферных взаимодействий хозяйственно-полезных видов Fabaceae при возделывании в чистых и смешанных посевах было установлено, что общей для видов Fabaceae тенденцией при выращивании в смешанном посеве являлось ускоренное (в ранние сроки жизни) выделение устойчивых форм с ризосферным индексом, свойственным долголетним формам. Таким образом, использование ризосферного индекса основных агрохимических показателей может стать одним из критериев отбора конкурентоспособных и долголетних форм для конструирования устойчивых агрофитоценозов на карбонатных почвах.

Работа выполнена в рамках реализации государственных заданий Министерства образования и науки РФ Белгородским государственным национальным исследовательским университетом на 2012 год (№ приказа 5.2614.2011).

Список литературы

1. Дохман Г.И. Экспериментально-фитоценологические основы исследования злаково-бобовых местообитаний. – М.: Наука, 1979. – 200 с.
2. Кочерина Н.В., Драгавцев В.А. Введение в теорию эколого-генетической организации полигенных признаков растений и теории селекционных индексов. – СПб: Изд-во СЦДБ, 2008. – 86 с.
3. Лакин Г.Ф. Биометрия. – М.: Высш. школа, 1990. – 352 с.
4. Методические указания по проведению научных исследований на сенокосах и пастбищах. – М.: ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса, 1996. – 152 с.
5. Пьянков В.И., Иванов Л.А., Ламберс Х. Характеристика химического состава листьев растений бореальной зоны с разными типами экологических стратегий // Экология. – 2001. – №4. – С. 243–251.
6. Ткаченко И.К., Думачева Е.В. Роль оптимизации минерального питания в формировании кормовой ценности люцерны // Кормопроизводство. – 2010. – № 5.
7. Селекция и семеноводство люцерны и других многолетних трав / И.К. Ткаченко, Н.А. Сурков, В.И. Чернявских,

К.Н. Ионов, Е.В. Думачева. – Белгород: Крестьянское дело, 2005. – 378 с.

8. Freiberg C., Fellay R., Bairoch A. et al. Molecular basis of symbiosis between Rhizobium and legumes // *Nature*. – 1997. – Vol. 387. – P. 394–401.

9. Lambers H., Chapin F.S., Pons T.L. *Plant Physiological Ecology*. – New York: Springer-Verlag, 1998. – 540 p.

10. Lynch J.M. *The rhizosphere* // Wiley-Interscience, Chichester, England, 1990. – 129 p.

11. Paul E.A., Clark F.E. *Soil microbiology and biochemistry* // Academic Press, San Diego, Calif. 1996. – 236 p.

References

1. Dohman, G.I. *Jeksperimental'no-fitocenoticheskie osnovy issledovanija zlakovo-bobovyh mestoobitanij*, [Experimental studies phytocenotic bases of grass-legume habitats]. Moscow: Nauka, 1979, p. 200.

2. Kocherina N.V., Dragavcev V.A. *Vvedenie v teoriju je-kologo-geneticheskoj organizacii poligennyh priznakov rastenij i teorii selekcionnyh indeksov* [Introduction to ecological and genetic organization of polygenic traits of plants and the theory of selection indices] St. Petersburg: Izd-vo SCDB, 2008, 86 p.

3. Lakin G.F. *Biometrija* [Biometrics]. Moscow: Vyssh. shkola, 1990, 352 p.

4. *Metodicheskie ukazanija po provedeniju nauchnyh issledovanij na senokosah i pastbiwah* [Guidelines for the conduct of research on the hayfields and pastures]. Moscow: VNIИ kormov im. V.R. Viljamsa, 1996, 152 p.

5. P'jankov V.I., Ivanov L.A., Lambers H. *Jekologija*, 2001, no 4, pp. 243–251.

6. Tkachenko I.K., Dumacheva E.V. *Kormoproizvodstvo*, 2010, no 5.

7. Tkachenko I.K., Surkov N.A., Chernjavskih V.I., Ionov K.N., Dumacheva E.V. *Selekcija i semenovodstvo ljucerny i drugih mnogoletnih trav*. [Breeding and seed production of alfalfa and other perennial grasses]. Belgorod, Krestjanskoe delo, 2005, 378 p.

8. Freiberg C.R., Fellay R., Bairoch A. et al. *Nature*, 1997, Vol. 387, pp. 394–401.

9. Lambers H., Chapin F.S., Pons T.L. *Plant Physiological Ecology*. New York: Springer-Verlag, 1998, 540 p.

10. Lynch J.M. *The rhizosphere*. Wiley-Interscience, Chichester, England, 1990, 129 p.

11. Paul E.A., Clark F.E. *Soil microbiology and biochemistry*, Academic Press, San Diego, Calif., 1996, 236 p.

Рецензенты:

Ткаченко И.К., д.с.-х.н., профессор кафедры анатомии и физиологии живых организмов биолого-химического факультета Белгородского государственного научного исследовательского университета, г. Белгород;

Котлярова Е.Г., д.с.-х.н., профессор кафедры земледелия и агрохимии агрономического факультета Белгородской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Я. Горина, г. Белгород, пос. Майский.

Работа поступила в редакцию 20.07.2012.