

МОДЕЛИ СМЕШАННЫХ ПОСЕВОВ МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ ДЛЯ УСЛОВИЙ ЛЕСОСТЕПИ ПОВОЛЖЬЯ

Тойгильдин Александр Леонидович, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Земледелие и растениеводство»

Солнцева Ольга Викторовна, кандидат экономических наук, доцент кафедры «Информатика»

Тойгильдина Ирина Александровна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Почвоведение, агрохимия и агроэкология»

ФГБОУ ВО Ульяновская ГСХА

432017, г. Ульяновск, бульвар Новый Венец, 1, тел. раб. 8(8422)55-95-75;

e-mail: atoigildin@yandex.ru

Ключевые слова: моделирование посевов, многолетние травы, смешанные агрофитоценозы, продуктивность, биоэнергетическая оценка.

Рассматриваются особенности формирования урожайности многолетних трав (коострец, люцерна и эспарцет) в одновидовых и смешанных посевах. Построены нелинейные модели демонстрирующие динамику накопления сухого вещества в зависимости от доли компонентов в бинарных посевах многолетних трав. Приведена оценка продуктивности изучаемых агрофитоценозов по выходу кормовых единиц, перевариваемого протеина и обменной энергии. Рассчитана биоэнергетическая эффективность возделывания многолетних трав в одновидовых и смешанных посевах.

Введение

Обоснование агротехнологий, направленных на максимальное использование продукционного потенциала культурных растений, возможно только на базе познания теоретических основ и закономерностей формирования урожая в агрофитоценозах с учетом конкретных почвенно-климатических условий. Рост продуктивности растений связан с оптимизацией структуры посевов, с их конструированием, это позволяет более полно использовать факторы жизни растений, при этом следует учитывать, что посев – это искусственная биосистема, все ресурсы которой направлены на удовлетворение потребностей культурного растения.

Исследования одновидовых посевов и травосмесей различного состава и сложности, проведенные как отечественными, так и иностранными учеными, показывают, что смешанные посевы оптимально подобранных компонентов являются наиболее эффективными. По мнению геоботаника В.Н. Сукачева [1], между растениями в сме-

шанных посевах, наряду с конкуренцией, могут быть и взаимовыгодные отношения, обеспечивающие улучшение физических и химических свойств почвы, создание лучшего микрофитоклимата, защиту от болезней и вредителей, привлечение полезной энтофауны, что, в конечном счете, приводит к повышению продуктивности агрофитоценозов.

В условиях лесостепи Поволжья введение в севообороты многолетних трав сопряжено со следующими проблемами: во-первых, при длительном возделывании многолетних трав обостряется проблема влагообеспеченности, что затрудняет их использование в качестве предшественников и снижает продуктивность последующих культур в севооборотах. Урожайность многолетних трав в значительной степени определяется количеством осадков за вегетацию, так, по данным Федеральной службы государственной статистики, в Ульяновской области за 2010-2014 гг. она составляет 68 % [2]. Во-вторых, большинство видов многолетних

трав при длительном использовании выпадают из травостоя, появляются сорняки, и их продуктивность падает. В связи с этим в полевых севооборотах лесостепи Поволжья интерес представляют краткосрочные травосмеси (2-3 года пользования), которые можно включать в ротацию 6-8-польных севооборотов, не выводя поле из оборота.

Цель исследований: изучить особенности формирования урожайности и продуктивности многолетних трав (кострец безостый - *Bromus inermis*, люцерна посевная - *Medicago sativa*, эспарцет песчаный – *Onobrychis arenaria*) в одновидовых и смешанных фитоценозах в условиях лесостепи Поволжья.

Объекты и методы исследований

Для решения поставленных задач нами был заложен полевой опыт по изучению одновидовых и смешанных посевов многолетних трав (кострец безостый, люцерна посевная и эспарцет песчаный) при различном соотношении норм высева компонентов:

1. Кострец – 100 %
2. Люцерна – 100 %
3. Эспарцет – 100 %
4. Кострец + люцерна (50+50 %)
5. Кострец + эспарцет (50+50 %)
6. Люцерна + эспарцет (50+50 %)
7. Кострец + люцерна + эспарцет (50+25+25 %)
8. Люцерна + эспарцет + кострец (50+25+25 %)
9. Эспарцет + кострец + люцерна (50+25+25 %).

Повторность опыта четырехкратная, площадь делянок 36 м², учетная 30 м².

Агротехника в опытах общепринятая для зоны, за исключением изучаемых приемов. Планируемая урожайность культур – 25,0 т/га зеленой массы. Дозы удобрений под одновидовой посев костреца составили N₈₆ P₂₀ K₂₀, под остальные варианты P₂₀ K₂₀. Норма высева многолетних трав для одновидовых посевов при 100 % посевной годности – 5 млн. шт. семян на 1 га. В травосмесях

норма высева составлялась из расчета 50 % и 25 % от полной числовой нормы каждого компонента в чистом виде. Изучаемые сорта многолетних трав – кострец безостый Ульяновский-1, люцерна посевная – Казанская 36, эспарцет песчаный – Песчаный 1251. Исследования проводились по общепринятым методикам [3].

Почва опытного участка – чернозем выщелоченный среднемощный среднесуглинистый.

Результаты исследований

Обладая ценными биологическими и хозяйственными признаками, традиционными многолетними травами, возделываемыми в условиях земледелия Среднего Поволжья, являются кострец безостый, люцерна посевная и эспарцет песчаный [4].

Смешанные посевы кормовых культур в мировой практике известны давно и широко используются. В системе организации адаптивного кормопроизводства особое место принадлежит бобово-злаковым фитоценозам, продуктивность которых зависит от правильного подбора видов, количества и соотношения компонентов. Теория этого вопроса раскрыта в работах зарубежных и отечественных ученых [5, 6, 7, 8, 9], исследования продуктивности смешанных посевов указывают, что при правильном подборе компонентов отмечается их преимущество в сравнении с одновидовыми посевами [10, 11, 12, 13, 14, 15, 16].

Интегрирующим показателем эффективности агротехнических приемов является урожайность возделываемых культур. Изучение одновидовых и смешанных посевов многолетних трав показало, что наибольшее накопление сухого вещества происходило в двухкомпонентных и трехкомпонентных смесях многолетних трав, при этом прибавка урожайности составила 0,20-0,24 т/га. Учет урожайности многолетних трав показал не одинаковый вклад отдельных компонентов в ее формирование, введение в смесь люцерны привело к повышению урожайности в среднем на 0,29 т/га сухого вещества,

Таблица 1

Урожайность многолетних трав в одновидовых смешанных посевах, т/га сухого вещества (за 2004-2006 гг.)

Количество компонентов (Фактор А)	Преобладающая культура (фактор В)			Среднее по фактору А	Отклонения (+-), т/га
	Кострец	Люцерна	Эспарцет		
Одновидовые посевы	6,09	6,37	5,02	5,83	-
Двойная смесь	6,79 (Л)*	6,13 (Э)	5,18 (К)	6,03	+0,20
	5,18 (Э)	6,79 (К)	6,13 (Л)		
Тройная смесь	6,19	6,11	5,92	6,07	+0,24
Среднее по фактору В	6,06	6,35	5,56	х	х
Отклонения (+-), т/га	-	+0,29	-0,50	х	х
НСР <small>05 для факторов А и В</small>	0,18				

*-второй компонент смеси: Л - люцерна; К – кострец; Э – Эспарцет.

введение эспарцета к ее снижению на 0,50 т/га (табл. 1).

Следует отметить важный аспект – при возделывании травосмесей азотные удобрения не применялись, тогда как относительно высокий урожай костреца в одновидовом посеве был получен при внесении азота перед началом формирования укосов.

Наибольшая урожайность сухого вещества была получена при возделывании смеси люцерны и костреца (50+50%) - 6,79 т/га, что выше, чем одновидовой посев люцерны на 6,2 % (6,37 т/га), посева костреца на 12,7 % (6,09 т/га) и посева эспарцета на 26,1 % (5,02 т/га).

Характер взаимосвязи урожайности сухого вещества и показателей доли компонентов в агрофитоценозах с многолетними травами характеризуют моделями:

Смесь	Нелинейная модель	R
Кострец + люцерна	$y=5,487+0,126x_1+0,053x_2-0,001x_1^2-0,001x_1x_2-0,0005x_2^2$ [1]	0,85 ±0,13
Кострец + эспарцет	$y=3,072+0,055x_1+0,045x_3+0,0003x_1^2-0,0006x_1x_3-0,0003x_3^2$ [2]	0,99 ±0,04
Люцерна + эспарцет	$y=1,795+0,041x_2+0,013x_3+0,0008x_2^2+0,001x_2x_3+0,0001x_3^2$ [3]	0,99 ±0,04

y – урожайность смеси; x_1 – доля ко-

стреца в смеси; x_2 – доля люцерны в смеси; x_3 – доля эспарцета в смеси

Все нелинейные модели являются статистически значимыми, при этом t-критерий фактический превышает его табличное значение, что свидетельствует о достоверности вычислений коэффициента корреляции.

Динамика урожайности многолетних трав (сухое вещество) в двухкомпонентных смесях в зависимости от доли компонентов представлена на рис. 1.

Модель сочетания люцерны и костреца (рис. 1 а) показывает, что ее урожайность повышалась с увеличением долей компонентов, т.е. эти две культуры дополняют друг друга. Построенная 3D модель показывает, что роль люцерны в травосмеси выше, чем костреца, о чем свидетельствуют значения бета - коэффициентов (0,61 – люцерна, 0,53 – кострец).

Проведенная оценка агрофитоценозов показывает, что наименьшая урожайность была получена при возделывании одновидового посева эспарцета, при введении в смесь костреца уровень урожайности возростал. Согласно модели максимальная урожайность эспарцета в смеси с кострецом или люцерной может быть получена при доле эспарцета не более 30 % (рис. 1 б, в).

Анализ продуктивности многолетних трав в одновидовых и смешанных посевах

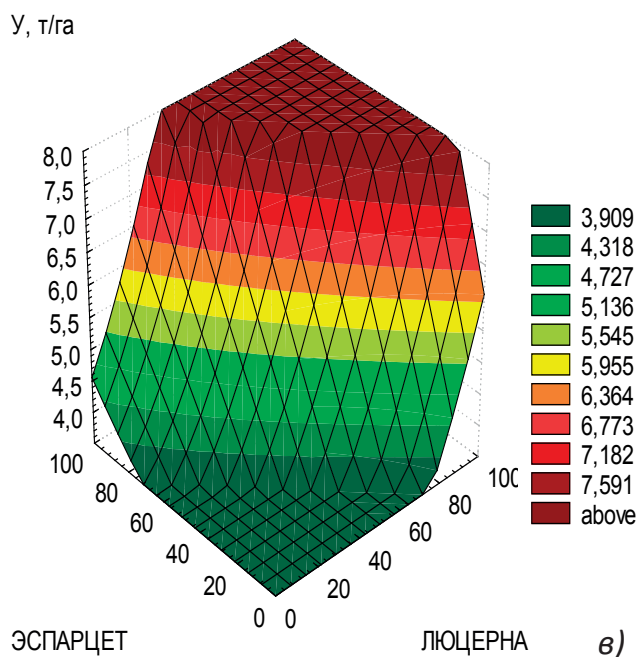
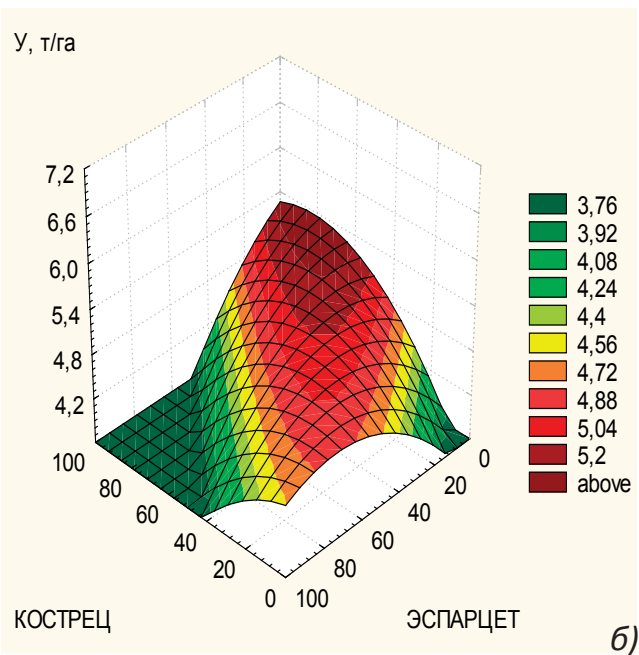
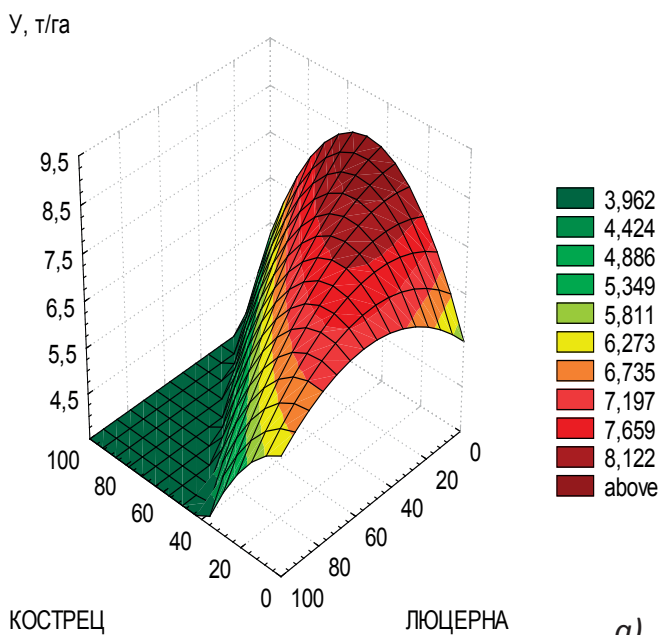


Рис. 1 – Зависимость сбора сухого вещества травосмесей многолетних трав (у, т/га) от доли компонентов (х, %)

показал, что по выходу кормовых единиц (к.ед.) их можно расположить в следующей последовательности (тыс. к.ед. с 1 га): люцерна + кострец – 5,94 > люцерна 5,77 > люцерна + кострец + эспарцет – 5,41 > кострец + люцерна + эспарцет – 5,39 > люцерна + эспарцет – 5,29 > эспарцет + люцерна + кострец – 5,21. Однокомпонентные посевы костреца и эспарцета значительно уступали травосмесям по выходу кормовых единиц, их продуктивность составила соответствен-

но 4,85 и 4,45 тыс. к.ед. с 1 га (табл. 2).

По выходу обменной энергии складывалась аналогичная ситуация, данный показатель изменялся от 70,4 (кострец + люцерна) до 52,6 ГДж/га (эспарцет).

Оценка белковой продуктивности показала преимущество бобовых культур и смесей с их преобладанием. Продуктивность одновидового посева люцерны составила 0,91 т/га перевариваемого протеина (ПП), травосмесей с преобладанием люцерны – 0,78 - 0,82 т/га, тогда как одновидового посева костреца - 0,40 т/га. По белковой обеспеченности кормовых ресурсов преимущество имели также фитоценозы с бобовыми культурами. Изучаемые посевы можно расположить в следующем порядке (г ПП на 1 к. ед.): эспарцет – 160 г, люцерна – 158 г, травосмеси – 131-151 г, кострец – 82 г.

При оценке биоэнергетической эффективности одновидовых и смешанных

Таблица 2

Сравнительная продуктивность многолетних трав в одновидовых и смешанных посевах

Культура*	% от нормы высева	Выход с 1 га			ПП, г на 1 корм. ед.
		Корм. ед., т	ПП, т	ОЭ, ГДж	
Кострец	100	4,85	0,40	60,5	82
Люцерна	100	5,77	0,91	67,3	158
Эспарцет	100	4,45	0,71	52,6	160
К + Л	50+50	5,94	0,78	70,4	131
К + Э	50+50	4,50	0,60	53,6	132
Л + Э	50+50	5,29	0,80	63,1	151
К + Л + Э	50+25+25	5,39	0,71	64,0	132
Л + К + Э	50+25+25	5,41	0,82	64,0	151
Э + Л + К	50+25+25	5,21	0,76	61,8	145

* - К – кострец безостый; Л - люцерна посевная; Э – эспарцет песчаный.

посевов многолетних трав выявлено, что по накоплению валовой энергии в основной продукции преимущество имели смесь коостреца и люцерны - 125,6, а также одновидовой посев люцерны - 118,8 ГДж/га, другие посева характеризовались меньшим накоплением энергии - 94,1-114,7 ГДж/га.

Затраты суммарной энергии при возделывании одновидового посева люцерны и смеси люцерна + кострец составили 8,9 ГДж/га, тогда как на других вариантах данные показатели находились на уровне 9,3-10,4 ГДж/га. Затраты энергии при возделывании одновидового посева коостреца возросли до 15,9 ГДж/га, что объясняется применением энергоемких азотных удобрений.

Окупаемость затрат энергии при возделывании многолетних трав была на высоком уровне, при этом самый высокий биоэнергетический коэффициент был получен на смеси люцерны + коострец (14,1) и одновидового посева люцерны (13,4). Биоэнергетический коэффициент одновидовых посевов коостреца и эспарцета составил соответственно 7,0 и 9,1, тогда как при возделывании двойных и тройных смесей коостреца, люцерны и эспарцета в различных сочетаниях он находился на уровне 10,2-12,3 ед.

Выводы

На основании проведенных исследований можно сделать основные выводы:

1. Многолетние травы в смешанных агрофитоценозах по уровню урожайности имели преимущество перед одновидовыми посевами в среднем на 0,20-0,24 т/га сухого вещества.

2. Наибольшее влияние на повышение продуктивности травосмесей оказывала люцерна, введение ее в травосмесь приводило к росту урожайности агрофитоценозов. Выявлена прямая зависимость урожайности сухого вещества от долей компонентов в смешанных посевах, которая характеризуется нелинейными моделями [1-3].

3. По урожайности преимущество имела травосмесь коострец + люцерна, на которой за два укоса было получено 6,79 т/га сухого вещества, что больше чем на одновидовых посевах люцерны на 0,42 и коостреца на 0,70 т/га. Отмечалось преимущество травосмеси коострец + люцерна по выходу кормовых единиц, перевариваемого протеина, обменной энергии и биоэнергетической эффективности в сравнении с одновидовыми посевами коостреца, люцерны и эспарцета и других их сочетаний.

Библиографический список

1. Сукачев, В.Н. О внутривидовых и межвидовых взаимоотношениях среди растений / В.Н. Сукачев // Ботанический журнал. - 1953. – № 1. - С. 38 – 57.

2. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Ульяновской области. - Режим доступа : <http://uln.gks.ru>.

3. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами / Ю.К. Новоселов, В.Н. Киреев, Г.П. Кутузов [и др.]. – М.: РАСХН, 1997. –С. 155 – 140.

4. Беляк, В.Б. Интенсификация кормопроизводства биологическими приемами (теория и практика) / В.Б. Беляк. – Пенза: Изд-во ПТИ, 1998. – 184 с.

5. Грюммер, Г. Взаимное влияние высших растений (аллелопатия) / Г. Грюммер. – М.:1957.- 262 с.

6. Марков, М.В. Агрофитоценология / М.В. Марков. - Казань, 1972. – 269 с.

7. Миркин, Б.М. Фитоценология. Принципы и методы / Б.М. Миркин, Г.С. Розенберг. – М.: Наука, 1978. – 212 с.

8. Норин, Б.Н. Некоторые вопросы теории фитоценологии. Ценотическая система, ценотические отношения, фитогенное поле/ Б.Н. Норин // Ботанический журнал. – 1987. – № 9. – С. 1161 – 1174.

9. Гродзинский, А.М. Аллелопатия растений и почвоутомление / А.М. Гродзинский //Избранные труды. – Киев : Нукова Думка, 1991.- 430 с.

10. Методическое руководство по исследованию смешанных агрофитоценозов / Н. А. Ламан [и др.]. – Минск: Навука і тэхніка, 1996. – 101 с.

11. Humphrey, L.D. Demographic and growth responses of a guerrilla and a phalanx perennial grass in competitive mixtures / L.D. Humphrey, D.A. Pyke // Journal of Ecology. - 1998. -Т. 86, № 5.- P. 854-865.

12. Modeling soil-root water transport and competition for single and mixed crops/ F. Lafolie, L.Bruckler, H.Ozier-Lafontaine, R.Tournebize, A.Mollier // Plant and Soil. - 1999. - Т. 210, № 1. - P. 127-143.

13. Васин, А.В. Формирование высокопродуктивных агрофитоценозов многокомпонентных смесей с бобовыми на корм в лесостепи Среднего Поволжья: автореф. дис. ... канд. сельскохозяйственных наук: 06.01.09 / А.В. Васин. – Кинель, 2000. – 45 с.

14. Котов, П.Ф. Смешанные посевы кормовых культур/ П.Ф. Котов. – Воронеж, 2001. - 110 с.

15. Di Falco, S. Crop Genetic Diversity, Productivity and Stability of Agroecosystems. A Theoretical and Empirical Investigation / S. Di Falco, Ch. Perrings //Scottish Journal of Political Economy. -2003. -Т. 50, № 2. - P. 207-216.

16. Варламов, В.А. Агробиологическое обоснование формирования высокопродуктивных смешанных агрофитоценозов многолетних и однолетних кормовых культур в лесостепи Среднего Поволжья: монография /В.А. Варламов. – Пенза, 2008. - 226 с.