

**ДИНАМИКА БОТАНИЧЕСКОГО СОСТАВА В КОРМОВЫХ АГРОФИТОЦЕНОЗАХ НА ОСНОВЕ БОБОВО-ЗЛАКОВЫХ ТРАВΟΣМЕСЕЙ**

<sup>1</sup>Марийский НИИСХ – филиал ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого»;

<sup>2</sup>ФГБУН «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого»

**Реферат.** На состояние агрофитоценоза оказывают влияние различные эколого-биологические факторы, в том числе особенности севооборота. Цель исследований – выявить закономерности изменения ботанического состава посевов в кормовых агрофитоценозах в зависимости от длительности возделывания многолетних бобово-злаковых трав. Эксперимент проводили согласно методике опытного дела Б. А. Доспехова в 2013–2018 гг. на опытном поле Марийского НИИСХ – филиала ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока. В полевом двухфакторном опыте изучена динамика ботанического состава агрофитоценозов трех шестипольных зернотравяных севооборотов и козлятничко-кострецовой травосмеси (фактор А). Варианты по фактору В – с внесением в почву минерального азота и без внесения на фоне фосфорно-калийных удобрений. Почва опытных участков дерново-подзолистая среднесуглинистая. Метеорологические условия вегетационных периодов при возделывании культур часто были неблагоприятными и оказывали сильное угнетающее действие на посевы. В течение третьей ротации изученных севооборотов в весенне-летний период наиболее засухоустойчивые виды (подсолнечник, озимая рожь, люцерна и ячмень с массовой долей в посеве 55 %, 97 %, 20 % и 96 % соответственно) имели преимущество в весовом составе травосмесей и над сорной растительностью. Наиболее угнетёнными засушливыми условиями были растения клевера красного и горчицы белой в промежуточном посеве. Клеверо-люцерно-тимофеечная травосмесь замещалась разнотравьем с 36 % по массе в первый год пользования с шагом в 23 % в последующие годы. В бессменном посеве травосмеси из козлятника восточного и костреца безостого после 15-летнего использования второй компонент полностью выпал. Без внесения в почву минерального азота культурные компоненты травостоя быстрее замещались не сеянными травами. В результате посевы севооборота с наиболее богатым разнообразием культур и внесением азота имели меньшую засорённость (4,0–10,6 % по массе).

**Ключевые слова:** разнотравье, клевер красный (*Trifolium pratense* L.), люцерна изменчивая (*Medicago varia* Mart.), козлятник восточный (*Galega orientalis* Lam.), кострец безостый (*Bromus inermis* Leyss.), рожь посевная (*Secale cereale* L.), вика посевная (*Vicia sativa* L.), горчица белая (*Sinapis alba* L.), ГТК.

**Для цитирования:** Свечников А. К., Козлова Л. М. Динамика ботанического состава в кормовых агрофитоценозах на основе бобово-злаковых травосмесей // Таврический вестник аграрной науки. 2021. № 2(26). С. 178–190. DOI: 10.33952/2542-0720-2021-2-26-178-190.

**For citation:** Svechnikov A. K., Kozlova L. M. Botanical composition dynamics in fodder agrophytocenoses based on legume-cereal herbs // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2021. No. 2 (26). P. 178–190. DOI: 10.33952/2542-0720-2021-2-26-178-190.

### Введение

Густота влияет на урожайность и продуктивное долголетие травостоя [1, 2]. Известно, что севооборот снижает доминирование и распространение сорняков, а также позволяет в дальнейшем снизить использование гербицидов. Однако разнотравье способно как ухудшать, так и улучшать качество корма [3–5]. Тем не

менее, при доминировании какого-либо одного фактора (влагообеспеченность, кислотность почвы, фитопатоген и др.) продуктивность и выживаемость сортов и видов в смеси может мало зависеть от их функционального разнообразия [6, 7].

В долгосрочной стабилизации высокопродуктивных агрофитоценозов в условиях биологизации земледелия поливидовые посевы многолетних трав являются ключевыми [8, 9]. В обзорной статье Vybee-Finley К. А. и Ryan М. R. утверждали, что при применении смешанных посевов с сопутствующими бобовыми без прополки в сравнении с монокультурой биомасса сорняков уменьшалась на 56 % [10, 11]. В условиях Удмуртской Республики в первый и второй год использования травосмесей на основе клевера и тимофеевки зелёная масса формировалась в основном благодаря клеверу. В третий год доля клевера снизилась до трети [2]. Благодаря накопленному бобовыми культурами (в данном случае клевером) азоту происходит стимуляция роста и развития остальных растений, в том числе и злакового компонента [5].

В неблагоприятных засушливых условиях смешанные посевы могут сильно изреживаться и замещаться разнотравьем [12]. В опытах, проведенных в Нидерландах De Haas В. R. с соавторами, в 79 % вариантах из клеверно-злаковых смесей в условиях засухи доля сорных растений в надземной биомассе снижалась в два раза. Это происходило благодаря увеличению количества фенологических признаков травостоя и способствовало лучшему поглощению ресурсов растениями смеси [13, 14].

Озимая рожь даже не в составе смеси отличается высокой экологической адаптивностью и в засушливые годы её можно считать страховой культурой [15–17].

Среди яровых зерновых колосовых, возделываемых в Республике Марий Эл, ячмень наиболее засухоустойчив. Тем не менее, в засушливые годы урожайность зерна может снижаться более чем в два раза [18, 19].

Для возделывания овса лучше подходят условия избыточного увлажнения с количеством осадков свыше 500 мм [20]. Культура оптимально подходит в качестве злакового компонента в травосмесях с горохом или викией [21].

В качестве поукосной культуры в севооборотах можно успешно использовать горчицу. Для этого ГТК должен быть свыше 1,0 [22].

На дерново-подзолистых почвах со средней обеспеченностью питательными веществами кострец безостый в бессменной травосмеси с козлятником выделяется долголетней сохранностью видового состава [23]. В таких смесях с первых лет использования снижается количество сорняков, обеспечивается получение качественной биомассы [24, 25]. Тем не менее, согласно исследованиям В.И. Турусова с соавторами, козлятник со злаковыми травами способен сильно изреживаться и выпадать из травостоя [26].

Климатические изменения в зоне исследований ведут к учащению засушливых условий среды в период вегетации возделываемых культур [27]. Таким образом, требуется дальнейшая оценка распространённых культур эффективных кормовых агрофитоценозов в подобных условиях.

**Цель исследований** – выявить закономерности изменения ботанического состава посевов в кормовых агрофитоценозах в зависимости от длительности возделывания многолетних бобово-злаковых трав в условиях Республики Марий Эл.

#### **Материалы и методы исследований**

Исследования проводили в 2013–2018 гг. на опытном поле Марийского НИИСХ – филиала ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока. Для изучения использовали данные за период третьей ротации шестипольных кормовых севооборотов двухфакторного полевого опыта, заложенного в 2001 г.

Схема опыта:

Фактор А – севообороты.

Севооборот № 1:

1. Вико-овсяная смесь с подсевом многолетних трав (клевер + люцерна + тимофеевка);
2. Многолетние травы (клевер + люцерна + тимофеевка) первого года пользования (г.п.);
3. Озимая рожь, поукосно горчица белая;
4. Яровой ячмень;
5. Вико-овсяная смесь, поукосно горчица белая;
6. Вико-овсяно-подсолнечниковая смесь.

Севооборот № 2:

1. Вико-овсяная смесь с подсевом многолетних трав (клевер + люцерна + тимофеевка);
2. Многолетние травы первого г.п. (клевер + люцерна + тимофеевка);
3. Многолетние травы второго г.п. (клевер + люцерна + тимофеевка);
4. Озимая рожь, поукосно горчица белая;
5. Яровой ячмень;
6. Вико-овсяная смесь, поукосно горчица белая.

Севооборот № 3:

1. Вико-овсяная смесь с подсевом многолетних трав (клевер + люцерна + тимофеевка);
2. Многолетние травы первого г.п. (клевер + люцерна + тимофеевка);
3. Многолетние травы второго г.п. (клевер + люцерна + тимофеевка);
4. Многолетние травы третьего г.п. (клевер + люцерна + тимофеевка);
5. Озимая рожь, поукосно горчица белая;
6. Яровой ячмень.

Бессменный посев или № 4:

Козлятник восточный + кострец безостый (12–17-й годы пользования).

Фактор В – внесение минерального азота на фоне  $P_{60}K_{60}$ :

1.  $N_0$ ;
2.  $N_{60}$ .

Севообороты развёрнуты во времени в четырёх повторностях, деланки с площадью  $36 \text{ м}^2$  (учётная –  $18 \text{ м}^2$ ) расположены последовательно.

В периоды возделывания многолетних трав минеральный азот не вносили. Фосфоро-калийные вносили ежегодно весной, азотные – в виде аммиачной селитры весной перед культивацией или в качестве подкормки озимой ржи.

Ячмень яровой (*Hordeum vulgare* L.) сорта Владимир выращивали на зернофураж. Другие виды культур в составе смесей или в чистом виде были предназначены на зелёный корм – яровая вика (*Vicia sativa* L.) сорта Вера, яровой овёс (*Avena sativa* L.) сорта Буланный, озимая рожь (*Secale cereale* L.) сорта Татьяна, клевер красный (*Trifolium pratense* L.) сорта Мартум, люцерна изменчивая (*Medicago varia* Mart.) сорта Лада, тимофеевка луговая (*Phleum pratense* L.) сорта Вик 85, горчица белая (*Sinapis alba* L.) сорта Белянка, подсолнечник масличный (*Helianthus annuus* L.) сорта Скороспелый 87, козлятник восточный (*Galega orientalis* Lam.) сорта Гале и кострец безостый (*Bromus inermis* Leyss.) сорта Пензенский 1.

Нормы высева (в млн шт. всхожих семян/га): овёс (2 млн шт./га) + вика (1) + клевер (1) + люцерна (1) + тимофеевка (1); озимая рожь (4); горчица (4); ячмень (3); вика (1) + овёс (3); вика (1) + овёс (3) + подсолнечник (0,02), козлятник (2,4) + кострец (1,1).

Агротехника возделывания культур – общепринятая для Нечерноземной зоны России. Проводили боронование с использованием сцепки борон «ЗБЗСС-1», культивацию «КПГ-4» на глубину 10–14 см, отвальную вспашку «ПН-3-35» на глубину 20–22 см, посев сеялкой «СН-16». Удобрения разбрасывали вручную.

Опрыскивание вегетирующих растений средствами химической и биологической защиты не проводили. Семена трав протравливали рекомендуемыми дозами фунгицида «Максим», КС, ярового ячменя – «Дивиденд Стар», КС.

Учёты и наблюдения выполняли согласно методическим рекомендациям по проведению полевых опытов с кормовыми культурами [28]. Ботанический состав определяли весовым методом.

Полевые опыты и статистическую обработку данных проводили в соответствии с рекомендациями Доспехова Б. А. [29]. Стандартную ошибку средней арифметической вычисляли на 5 %-ном уровне значимости.

Почва опытного участка – дерново-подзолистая среднесуглинистая. Содержание гумуса по методу Тюрина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213–84) в почве на начало ротации находилось в пределах 2,23–2,44 %, общего азота по Кьельдалю (ГОСТ 13496) – 2,3–3,2 г/кг, фосфора по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26207–84) – 880–1010 мг/кг, калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26207–84) – 185–200 мг/кг, сумма поглощённых оснований по ГОСТ 27821–88 составила 114–159 мг-экв./кг. Кислотность солевой вытяжки по ГОСТ 26483–85 – 5,0–5,2 ед. рН.

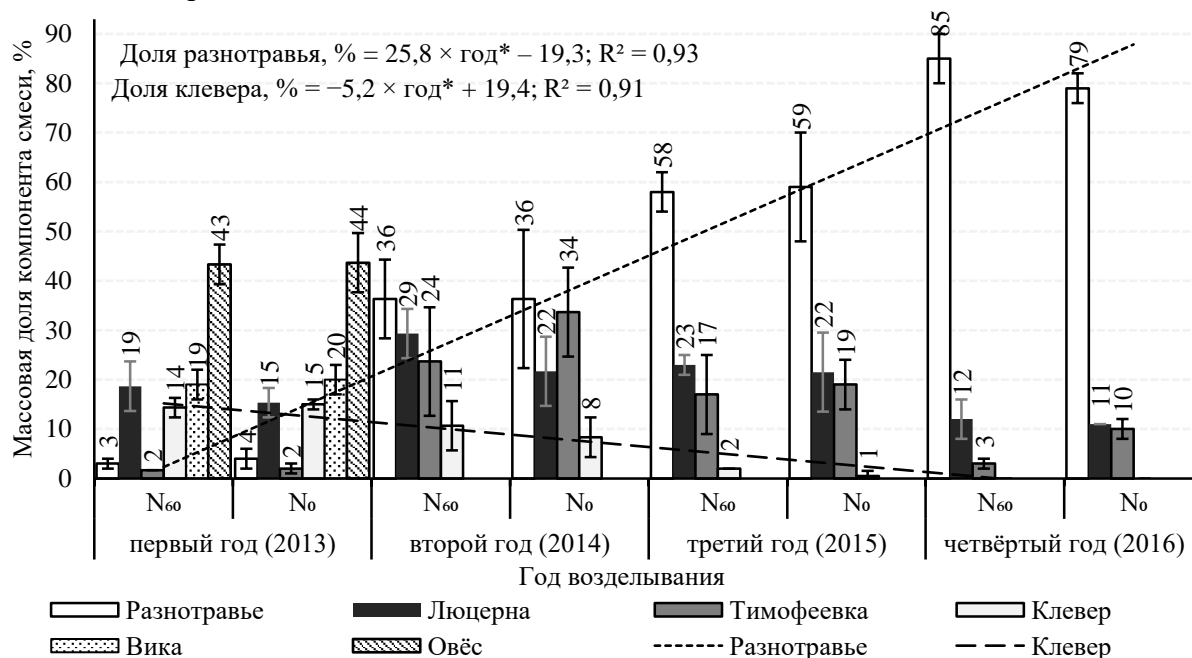
Метеорологические условия в годы исследований (по данным метеостанции г. Йошкар-Ола) в период вегетации выращиваемых культур различались: от засушливых и жарких (2013, 2014 и 2016 гг.) до влажных и прохладных (2017 г.). Таким образом, часто создавались неблагоприятные условия для роста культурных видов в посевах. В целом агрометеорологические условия за годы исследований были близки к удовлетворительным для возделывания сельскохозяйственных культур полевого опыта (таблица).

**Таблица – ГТК вегетационных периодов возделываемых культур**

| Год  | Период возделывания культур   | ГТК  |
|------|---|------|
| 2013 | До первого укоса однолетних и многолетних трав                      | 0,65 |
|      | До второго укоса многолетних трав                                   | 1,29 |
| 2014 | До первого укоса многолетних трав                                   | 0,58 |
|      | До второго укоса многолетних трав                                   | 0,81 |
|      | После посева озимой ржи (№ 1)                                       | 1,04 |
| 2015 | До первого укоса многолетних трав                                   | 0,78 |
|      | До второго укоса многолетних трав                                   | 1,37 |
|      | До укоса озимой ржи (№ 1)   | 0,83 |
|      | Вегетационный период горчицы (№ 1)                                  | 1,78 |
|      | После посева озимой ржи (№ 2)                                       | 0,95 |
| 2016 | До первого укоса многолетних трав                                   | 0,41 |
|      | До второго укоса бессменного посева                                 | 0,64 |
|      | До укоса озимой ржи (№ 2)   | 0,29 |
|      | До уборки зерна ячменя (№1)   | 0,60 |
|      | Вегетационный период горчицы (№ 2)                                  | 0,23 |
|      | После посева озимой ржи (№ 3)                                       | 2,51 |
| 2017 | До уборки зерна ячменя (№ 3)  | 0,95 |
|      | До первого укоса бессменного посева и вико-овсяной травосмеси (№ 1) | 2,40 |
|      | До второго укоса бессменного посева                                 | 1,90 |
|      | Вегетационный период горчицы (№ 1)                                  | 1,00 |
|      | До уборки зерна ячменя (№ 2)  | 1,90 |
| 2018 | До укоса озимой ржи (№ 3)   | 1,35 |
|      | Вегетационный период горчицы (№ 3)                                  | 0,95 |
|      | До первого укоса бессменного посева и вико-овсяной травосмеси (№ 2) | 1,27 |
|      | До второго укоса бессменного посева                                 | 0,97 |
|      | Вегетационный период горчицы (№ 2)                                  | 0,83 |
|      | До укоса вико-овсяно-подсолнеч-никовой травосмеси (№ 1)             | 1,01 |
|      | До уборки зерна ячменя (№ 3)  | 0,95 |

## Результаты и их обсуждение

Агрофитоценоз многолетнего травостоя в третьей ротации севооборотов характеризовался высоким уровнем присутствия посторонней растительности (рисунок 1). В среднем за 2013–2016 гг. возделывания клеверо-люцерно-тимофеечной травосмеси отмечена одинаковая ( $46 \pm 11$  %) доля разнотравья, как в общей биомассе без внесения минерального азота, так и при их внесении в год закладки последней ротации севооборотов.



**Рисунок 1 – Весовой ботанический состав травосмеси в севооборотах в зависимости от года возделывания**

*Примечание.* \* год возделывания многолетних трав (от первого до четвертого).

В многолетних травосмесях из бобовых и злаковых культур при выпадении или изреживании за два–три года первого компонента обычно происходит смена на более стабильные и долголетние злаковые культуры. Так минимизируется пространство для сорняков [2, 30, 31]. Однако в нашем опыте важные периоды жизни клеверо-люцерно-тимофеечной травосмеси сопровождали очень неблагоприятные метеоусловия. В год посева среди многолетних видов сорняков преобладал осот розовый (*Cirsium arvense* L.), однолетних – просо куриное (*Echinochloa crus-galli* L.). В первый год их использования доля разнотравья в среднем составляла около  $36 \pm 6$  %. Однолетние виды были в значительном меньшинстве. Основные многолетние виды – осот розовый, выюнок полевой (*Convolvulus arvensis* L.) и одуванчик обыкновенный (*Taraxacum officinale* L.). В последующие годы использования клеверо-люцерно-тимофеечной травосмеси всё больше доминировали над остальной посторонней растительностью и культурными компонентами одуванчик и пырей ползучий (*Elytrigia repens* L.). Во второй год пользования многолетних трав доля сорняков увеличилась до  $59 \pm 8$  %. В последний год использования разнотравье уже значительно доминировало над культурными видами, достигнув  $82 \pm 4$  %. В каждый год оно увеличивалась на 26 % ( $R^2 = 0,93$ ). Тем временем, количество растений клевера лугового в смеси, согласно уравнению ( $R^2 = 0,91$ ) снижалось с  $15 \pm 1$  % в 2013 г. в среднем на 5 % в каждый последующий год. В предпоследний год жизни смешанных посевов количество растений клевера составляло незначительную часть (< 2 %), а в последний год их не осталось. Засорённость клеверо-люцерно-тимофеечной травосмеси в севообороте № 1 с однолетним использованием была невысокой (около  $15 \pm 6$  %), особенно в условиях длительного внесения



минерального азота ( $7 \pm 2$  %) (См. рисунок 1). Таким образом, на повышенную долю культурных видов повлияли наибольшее количество внесённого минерального азота и разнообразие культур. Основная причина этого – влияние сильной неравномерности и очаговости проявления изреженности посевов и засорённости по всему опыту в 2014 г. Высокая очаговая засорённость вызвана сильной засухой в период весеннего возобновления роста недостаточно укоренившихся в предыдущий год ещё молодых многолетних трав. Однако опыты De Naas В. R. показали, что рассматриваемые виды при возделывании вне смесей в подобных условиях способны угнетаться ещё сильнее [13]. Кроме того, внесение азота не сопровождалось повышением доли тимофеевки в травостое.

Анализ данных показал, что ускоренный рост однолетних культурных растений под действием аммиачной селитры способствовал повышению их доминирования над сорной растительностью (рисунок 2). За все годы наиболее чистыми были посевы озимой ржи (засорённость составила 1–4 %) и викоовсяной травосмеси (1–5 %). Промежуточные посевы горчицы, сильно реагирующие на влагообеспеченность и температурные условия, показывали схожие результаты по засорённости лишь в севообороте № 1. В посевах однолетних культур чаще всего встречались куриное просо и полевой вьюнок.

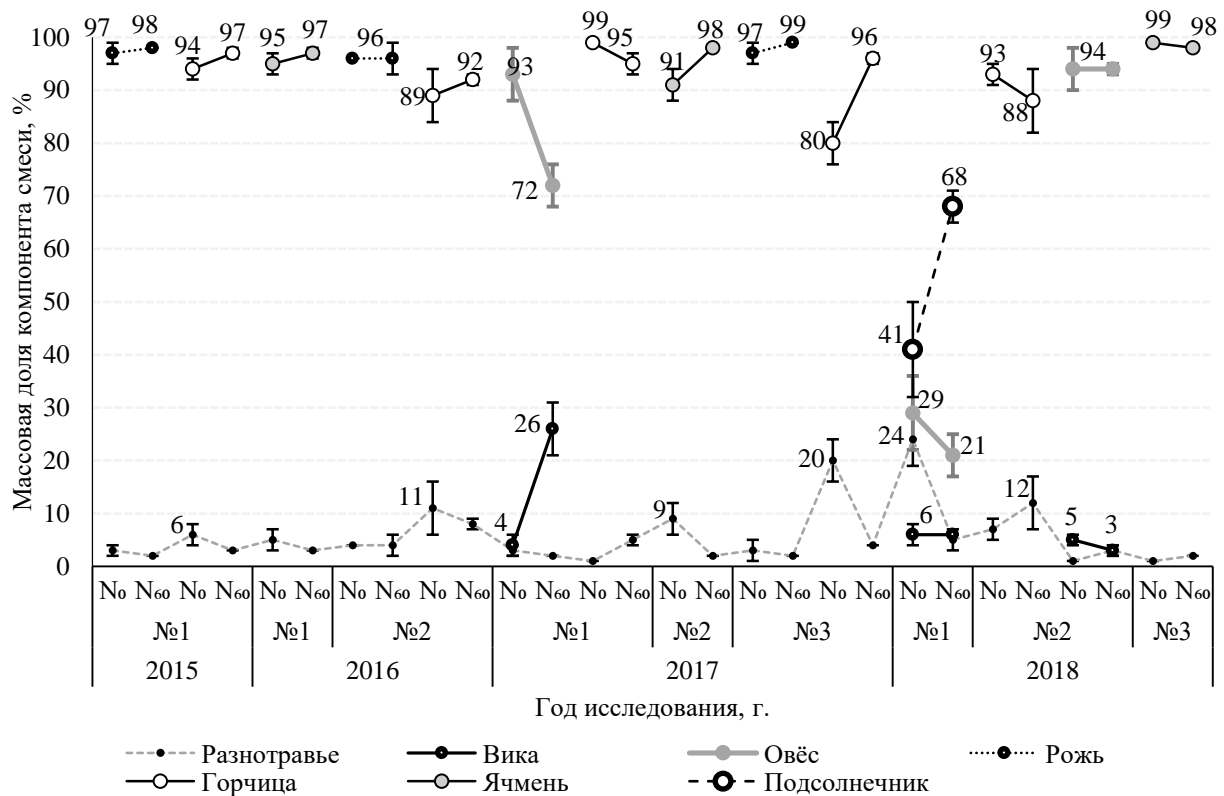
В год посева травосмесей, в третью ротацию севооборотов, массовая доля компонентов как многолетних видов, так и вики с овсом была близка к оптимальной. Однако чаще всего растения вики в последующих смешанных посевах формировались слабо. Ограничивающим фактором их развития и роста, в отличие от овса, являлась сильная реакция на засушливость в начале вегетации культуры (ГТК последних декад мая был ниже 0,8) в условиях излишней кислотности почвы. Как известно, овёс можно выращивать при широком диапазоне кислотности почв (рН = 4,5–8,6), температуре 5–26 °С и количестве осадков свыше 500 мм [20, 32]. Стоит отметить, что массовая доля подсолнечника в травосмеси, составившая около 55 %, в таких почвенных условиях не снижалась. Данный вид даже доминировал благодаря своей бóльшей выносливости к засухам. Несмотря на невысокий показатель рН почвы, именно это свойство позволило люцерне в травосмеси в меньшей степени, чем клеверу, подвергаться выпадению.

Благодаря особо высокой экологической адаптивности у ржи низкие экономические риски независимо от погодных условий. В результате в засушливые годы её можно считать страховой культурой, что подтвердилось и в нашем опыте. Это позволяло ежегодно формировать посевы с наименьшим количеством сорных растений (1–4 %).

В нашем опыте кострец безостый в бессменной травосмеси с козлятником полноценно существовал до 16 летнего возраста (до 2016 года). В последние два года исследований кострец был почти полностью замещён бобовым компонентом (51–64 %) и сорной растительностью (рисунок 3).

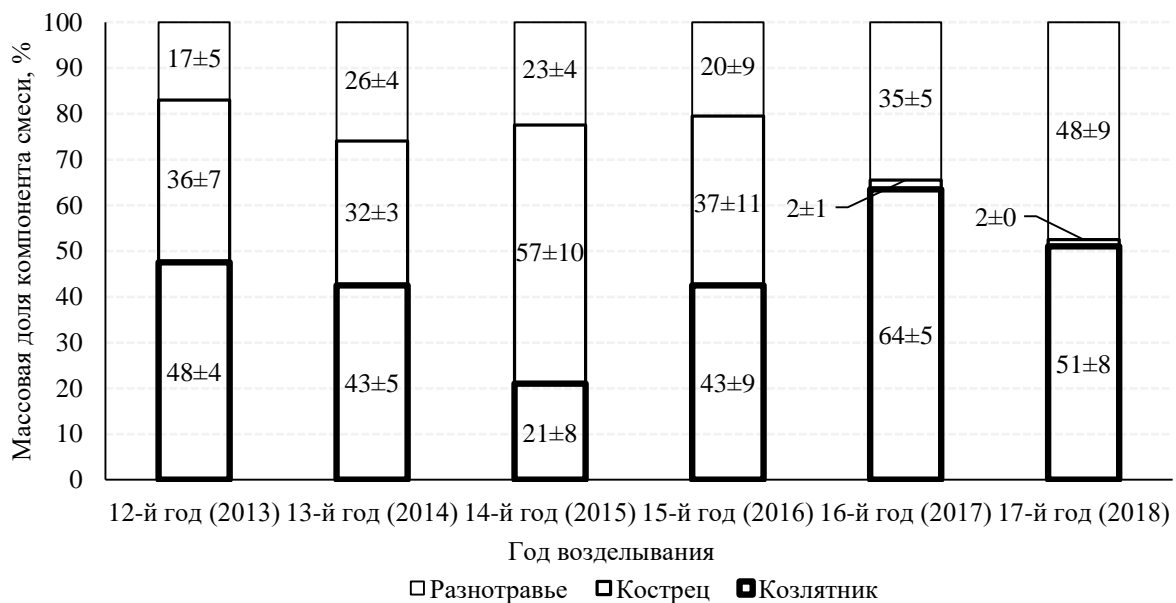
В 2013 г. бóльшая часть сорняков состояла из вьюнка, меньшая, но значительная – из одуванчика. Последний из года в год всё сильнее вытеснял другие сорняки. К концу исследований около 40 % всего травостоя было сформировано одуванчиком лекарственным. В структуре зелёной массы травосмеси в течение большинства лет растений костреца безостого было 32–57 %, а в последние годы (2017–2018 гг.) уменьшилось до 2 %.

С помощью диаграммы можно продемонстрировать влияние выбора вида агрофитоценоза и схемы внесения минеральных удобрений на среднюю засорённость травостоя (рисунок 4).

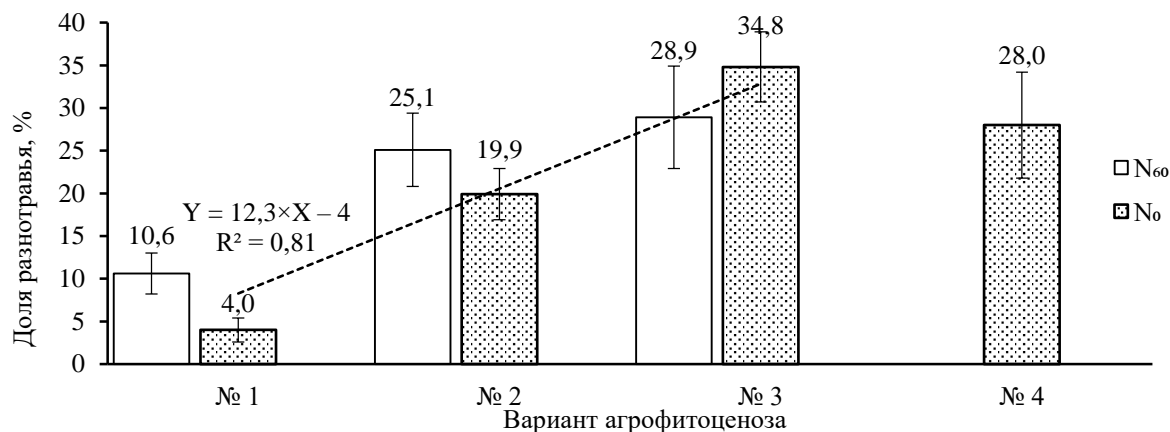


**Рисунок 2 – Весовой ботанический состав культур в севооборотах, посеянных после многолетних трав**

*Примечание.* Согласно схемы опыта в 2015 г. только в первом севообороте возделывали последующую культуру (рожь с горчицей) после многолетних трав, в 2016 г. таких севооборотов было два, в 2017 и 2018 гг. многолетние травы уже не возделывали, поэтому во всех трёх севооборотах поля занимали однолетние и озимые культуры.



**Рисунок 3 – Весовой ботанический состав бесменного посева козлятнико-кострецовой травосмеси**



**Рисунок 4 – Массовая доля сорной растительности в зависимости от вида изученного шестилетнего агрофитоценоза и схемы минеральных удобрений (2013–2018 гг.)**

*Примечание.* Линия тренда построена для севооборотов.

Благодаря продлению периода выращивания смешанного посева из клевера, люцерны и тимофеевки увеличивался общий уровень засорённости травянозернового кормового севооборота. Уравнение, описывающее тенденции её возрастания, отражает высокую положительную корреляционную зависимость ( $R^2 > 0,8$ ,  $r = 0,91$ ) между ними:

$$Y = 12,3 \times x - 4,$$

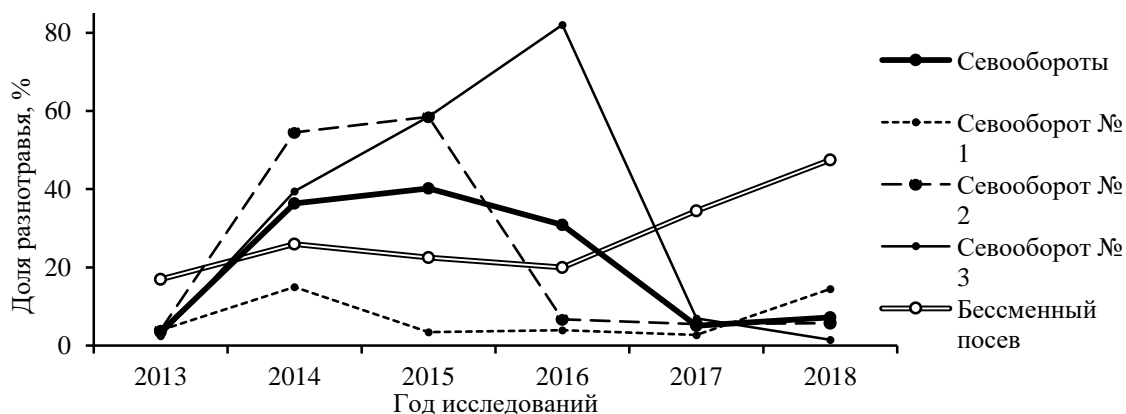
где  $Y$  – средняя доля разнотравья в севообороте,  $x$  – продолжительность использования клеверо-люцерно-тимофеечной травосмеси, или номер севооборота.

Севооборот № 1 отличался самой непродолжительным периодом возделывания изучаемых многолетних бобово-злаковых трав, поэтому в данном варианте средняя доля зелёной массы разнотравья находилась в пределах 4,0–10,6 %. Величина этого показателя составляла 8,3 % и был наименьшим в опыте. Севообороты № 2 и № 3 превышали севооборот № 1 по доле посторонней растительности в собранном урожае соответственно в 3,1 и 4,4 раза, или 2,5 и 4,0 раза по уравнению. В результате повышения засорённости клеверо-люцерно-тимофеечной травосмеси по мере продления срока их использования культуры севооборота № 3 в среднем характеризовались наибольшей долей разнотравья (в пределах 28,9–34,8 %, или 32,9 % по уравнению).

Средняя засорённость бессменного посева из козлятника и костреца за период 13–18-летней жизни (вариант № 4) была значительно ниже (в два раза), чем в клеверо-люцерно-тимофеечных травосмесях двух-трёхлетнего использования, выращиваемых в севооборотах № 2 и № 3 (около 70 %). Поскольку в севооборотах также выращивали яровые и озимые культуры, которые в основном были менее засоренными, бессменный посев по рассматриваемому показателю занимал лишь промежуточное положение между севооборотами № 2 и № 3. Необходимо учесть, что исследования проводили в последние годы жизни козлятничко-кострецовой смеси, сопровождавшиеся выпадением культурных компонентов и замещением их посторонней растительностью.

Динамика засорённости культур в вариантах также отражена на рисунке 5.





**Рисунок 5 – Среднегодовая динамика массовой доли сорной растительности в изученных севооборотах и бессменном посевах**

В 2014 г., по сравнению с 2013 г., благодаря неблагоприятным метеорологическим условиям доля разнотравья увеличивалась даже на долготравном травостое (в полтора раза). Очень раннее сокращение длительности возделывания смешанных посевов из клевера, люцерны и тимофеевки в севообороте предотвращало дальнейшее разрастание сорной растительности и её пагубное влияние на общий уровень засорённости в севообороте. В результате приемлемое количество несеяных трав все севообороты достигали в последние два года ротации. Таким образом, доля разнотравья среди севооборотов в № 1 характеризовалась наибольшей стабильностью. Здесь наблюдали достаточно высокий коэффициент вариации (79,5 %), но его величина была ниже, чем у севооборота № 2 (117,3 %) или № 3 (105,9 %).

В течение шести лет уровень засорённости длительного посева козлятничко-кострецовой травосмеси был наиболее стабильным, по сравнению с другими изученными агрофитоценозами (коэффициент вариации – 40,6 %) тем не менее, он всё ещё имеет очень высокую степень рассеивания). Изучаемый бессменный посев характеризовался устойчивым к посторонней растительности травостоем в течение 15 лет. Так, до последних двух лет выпадения культурных видов в нём данный показатель рассеивался в средней степени – не более 17,9 %.

#### Выводы

Метеорологические условия вегетационных периодов культур травяных и зернотравяных агрофитоценозов многолетнего опыта оказывали сильное влияние на их ботанический состав. В течение третьей ротации изученных севооборотов виды с лучшей засухоустойчивостью (подсолнечник, озимая рожь, люцерна и ячмень массовой долей в посевах соответственно 55 %, 97 %, 20 % и 96 %) в весенне-летний период имели наибольшее преимущество в весовом составе травосмесей и над сорной растительностью. В целом наиболее угнетёнными из-за засухи были растения клевера и промежуточного посева из горчицы. В результате клеверо-люцерно-тимофеечная травосмесь замещалась разнотравьем, в основном из вьюнка полевого и проса куриного. Показатель массовой доли сорняков, составляющий  $36 \pm 6$  % в первый год пользования многолетних трав во всех изученных севооборотах, с каждым годом увеличивался с шагом в 26 %. Самым слабым звеном бессменного посева травосмеси из козлятника восточного и костреца безостого после 15-летнего использования показал себя второй компонент, проявившийся полным выпадением. От отказа внесения в почву минерального азота культурные компоненты травостоя быстрее замещались несеянными травами. В результате посева севооборота с наиболее богатым плодосменом характеризовались наименьшей засорённостью (массовая доля разнотравья 4,0–10,6 %).

*Исследования проводили в рамках Государственного задания (тема № 0767-2018-0016).*

Литература

1. Золотарев В. Н. Агробиологические основы возделывания вики посевной (*Vicia sativa* L.) на семена в гетерогенных агроценозах в условиях Центрального Нечерноземья России // Сельскохозяйственная биология. 2016. Т. 51. № 2. С. 194–203. DOI: 10.15389/agrobiology.2016.2.194rus.
2. Касаткина Н. И., Нелюбина Ж. С. Особенности роста и развития многолетних трав на основе клевера лугового тетраплоидного // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2019. Т. 20. № 3. С. 247–255. DOI: 10.30766/2072-9081.2019.20.3.247-255.
3. Fakkar A. A. O., Khlifa Y. A. M. Effect of corps rotation and sequence weed control treatments on weeds and Faba bean productivity // Egyptian Journal of Agronomy. 2018. Vol. 40(2). P. 181–192. DOI: 10.21608/agro.2018.459.1106.
4. Dury J., Schaller N., Garcia F., Reynaud A., Bergez J. E. Models to support cropping plan and crop rotation decisions. A review // Agronomy for Sustainable Development. 2011. Vol. 32(2). P. 567–580. DOI: 10.1007/s13593-011-0037-x.
5. Волошин В. Н. Ботанический состав и продуктивность луговых травостоев на серых лесных почвах // Вестник БГСХА. 2017. № 1. С. 62–66.
6. Barkaoui K., Roumet C., Volaire F. Mean root trait more than root trait diversity determines drought resilience in native and cultivated Mediterranean grass mixtures // Agriculture, Ecosystems & Environment. 2016. Vol. 231. P. 122–132. DOI: 10.1016/j.agee.2016.06.035.
7. Ergon Å., Seddaiu G., Korhonen P., Virkajärvi P., Bellocchi G., Jørgensen M., Østrem L., Reheul D., Volaire F. How can forage production in Nordic and Mediterranean Europe adapt to the challenges and opportunities arising from climate change? // European Journal of Agronomy. 2018. Vol. 92. P. 97–106. DOI: 10.1016/j.eja.2017.09.016.
8. Павлова О. В., Минвалиев С. В. Устойчивость травосмесей многолетних трав к засорению сорняками на разных фонах минерального питания в условиях Приморского края // Вестник КрасГАУ. 2015. № 7. С. 135–140.
9. Дронова Т. Н., Бурцева Н. И., Невежин С. Ю. Инновационная технология возделывания поливидовых посевов многолетних трав на орошаемых землях // Земледелие. 2014. № 8. С. 3–6.
10. Bybee-Finley K. A., Ryan M. R. Advancing intercropping research and practices in industrialized agricultural landscapes // Agriculture. 2018. Vol. 8(6). P. 80. DOI: 10.3390/agriculture8060080.
11. Verret V., Gardarin A., Pelzer E., Médiène S., Makowski D., Valantin-Morison M. Can legume companion plants control weeds without decreasing crop yield? A meta-analysis // Field Crops Research. 2017. Vol. 204. P. 158–168. DOI: 10.1016/j.fcr.2017.01.010.
12. Лазарев Н. Н., Костикова Т. В. Урожайность и ботанический состав бинарных и многокомпонентных травосмесей с клевером ползучим (*Trifolium repens* L.) при интенсивном использовании // Известия ТСХА. 2013. № 4. С. 85–94.
13. De Haas B. R., Hoekstra N. J., Van der Schoot J. R., Visser E. J. W., De Kroon H., Van Eekeren N. Combining agro-ecological functions in grass-clover mixtures // AIMS Agriculture and Food. 2019. Vol. 4(3). P. 547–567. DOI: 10.3934/agrfood.2019.3.547.
14. Suter M., Hofer D., Lüscher A. Weed suppression enhanced by increasing functional trait dispersion and resource capture in forage ley mixtures // Agriculture, Ecosystems & Environment. 2017. Vol. 240. P. 329–339. DOI: 10.1016/j.agee.2017.01.007.
15. Козлова Л. М., Макарова Т. С., Попов Ф. А., Денисова А. В. Влияние предшественников озимой ржи на урожайность, показатели почвенного плодородия и экономическую эффективность // Достижения науки и техники АПК. 2012. № 6. С. 42–44.
16. Уткина Е. И., Кедрова Л. И. Зимостойкость озимой ржи: проблемы и решения // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2018. Т. 62(1). С. 11–18. DOI: 10.30766/2072-9081.2018.62.1.11-18.
17. Щеклеина Л. М. Мониторинг болезней озимой ржи в Кировской области и возможные направления селекции на иммунитет // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020. Т. 21(2). С. 124–132.
18. Свечников А. К., Максимова Р. Б., Соколова Е. А. Продуктивность зерна ячменя в структуре кормовых севооборотов // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. Мосоловские чтения. Йошкар-Ола: МарГУ, 2019. Т. 21. С. 107–109.
19. Максимов В. А., Замятин С. А., Марьин Г. С., Апаева Н. Н. Поражение ячменя корневой гнилью и урожайность в различных севооборотах // Вестник АГАУ. 2011. № 5. С. 18–20.
20. Heuzé V., Tran G., Lebas F. Oat forage. Feedipedia, a programme by INRAE, CIRAD, AFZ and FAO. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.feedipedia.org/node/500> (дата обращения 26.02.2021).
21. Lauriault L. M., Kirksey R. E. Yield and nutritive value of irrigated winter cereal forage grass-legume intercrops in the Southern High Plains, USA // Agronomy Journal. 2004. Vol. 96(2). P. 352–358. DOI: 10.2134/agronj2004.0352.
22. Козлова Л. М., Денисова А. В. Промежуточные культуры в полевых севооборотах Кировской области // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2014. № 5 (42). С. 33–37.
23. Храпцева В. Г., Андреева Р. А., Бояринов А. Л. Долголетнее использование злаково-

козлятниковых травосмесей // Достижения науки и техники АПК. 2011. № 1. С. 51–52.

24. Свечников А. К., Соколова Е. А. Продуктивность и качество зелёной массы козлятничко-кострецовой травосмеси при длительном применении минеральных удобрений // Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения профессора А.Ф. Тимофеева «Мелиорация почв для устойчивого развития сельского хозяйства». Киров: Вятская ГСХА, 2019. С. 249–254.

25. Донских Н. А., Никулин А. Б. Травостои с участием козлятника восточного десятого и одиннадцатого годов пользования // Известия СПбГАУ. 2018. №2 (51). С. 17–23. DOI: 10.24411/2078-1318-2018-12017.

26. Турусов В. И., Новичихин А. М., Пискарева Л. А., Гриднева О. В. Технологические приемы формирования продуктивности козлятника восточного // Достижения науки и техники АПК. 2016. № 3. С. 68–70.

27. Измestьев В. М., Виноградов Г. М., Лапшин Ю. А., Замятин С. А., Виноградова И. А. Изменение климатических условий в Республике Марий Эл. – Йошкар-Ола: Стринг, 2011. 34 с.

28. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами. М.: типография Россельхозакадемии, 1997. 156 с.

29. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

30. Webb K. J., Jensen E. F., Heywood S., Morris S. M., Linton P. E., Hooker J. E. Gene expression and nitrogen loss in senescing root systems of red clover (*Trifolium pratense*) // The journal of agricultural science. 2010. Vol. 148(5). P. 579–591. DOI: 10.1017/S0021859610000420.

31. Тюлин В. А., Сутягин В. П. Видовое разнообразие луговых травостоев // Успехи современного естествознания. 2016. № 11. С. 318–323. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=36231> (дата обращения 26.02.2021).

32. Barsila S. R. The fodder oat (*Avena sativa*) mixed legume forages farming: nutritional and ecological benefits // Journal of Agriculture and Natural Resources. 2018. Vol. 1(1). С. 206–222.

## References

1. Zolotarev V. N. Agrobiological bases of vetch (*Vicia sativa* L.) cultivation for seeds in the Central Russia using heterogeneous agrocenoses // Sel'skokhozyaistvennaya Biologia [Agricultural Biology]. 2016. Vol. 51(2). P. 194–203. DOI: 10.15389/agrobology.2016.2.194rus.

2. Kasatkina N. I., Nelyubina Zh. S. Characteristics of growth and development of perennial grasses on the basis of meadow tetraploid clover // Agricultural Science Euro-North-East. 2019. Vol. 20(3). P. 247–255. DOI: 10.30766/2072-9081.2019.20.3.247-255.

3. Fakkar A. A. O., Khelifa Y. A. M. Effect of corps rotation and sequence weed control treatments on weeds and Faba bean productivity // Egyptian Journal of Agronomy. 2018. Vol. 40(2). P. 181–192. DOI: 10.21608/agro.2018.4159.1106.

4. Dury J., Schaller N., Garcia F., Reynaud A., Bergez J. E. Models to support cropping plan and crop rotation decisions. A review // Agronomy for Sustainable Development. 2011. Vol. 32(2). P. 567–580. DOI: 10.1007/s13593-011-0037-x.

5. Voloshin V. N. Botanical composition and productivity of meadow grasses on gray forest soils // Bulletin of the Belarussian State Agricultural Academy. 2017. Vol. 1. P. 62–66.

6. Barkaoui K., Roumet C., Volaire F. Mean root trait more than root trait diversity determines drought resilience in native and cultivated Mediterranean grass mixtures // Agriculture, Ecosystems & Environment. 2016. Vol. 231. P. 122–132. DOI: 10.1016/j.agee.2016.06.035.

7. Ergon Å., Seddaiu G., Korhonen P., Virkajärvi P., Bellocchi G., Jørgensen M., Østrem L., Reheul D., Volaire F. How can forage production in Nordic and Mediterranean Europe adapt to the challenges and opportunities arising from climate change? // European Journal of Agronomy. 2018. Vol. 92. P. 97–106. DOI: 10.1016/j.eja.2017.09.016.

8. Pavlova O. V., Minvaliev S. V. The resistance of the perennial grass mixtures to the weed clogging on the mineral nutrition different backgrounds in the Primorsky Krai conditions // Bulletin of KrasGAU. 2015. Vol. 7. P. 135–140.

9. Dronova T. N., Burtseva N. I., Nevezhin S. U. Innovative technology of cultivation of mixed crops perennial grasses on the irrigated lands // Zemledelie. 2014. Vol. 8. P. 3–6.

10. Bybee-Finley K. A., Ryan M. R. Advancing intercropping research and practices in industrialized agricultural landscapes // Agriculture. 2018. Vol. 8(6). P. 80. DOI: 10.3390/agriculture8060080.

11. Verret V., Gardarin A., Pelzer E., Médiène S., Makowski D., Valantin-Morison M. Can legume companion plants control weeds without decreasing crop yield? A meta-analysis // Field Crops Research. 2017. Vol. 204. P. 158–168. DOI: 10.1016/j.fcr.2017.01.010.

12. Lazarev N. N., Kostikova T. V. Yield and botanical composition of binary and multicomponent grass mixtures including white clover (*Trifolium Repens* L.) under intensive use // Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy. 2013. Vol. 4. P. 85–94.

13. De Haas B. R., Hoekstra N. J., Van der Schoot J. R., Visser E. J. W., De Kroon H., Van Eekeren N.

Combining agro-ecological functions in grass-clover mixtures // AIMS Agriculture and Food. 2019. Vol. 4(3). P. 547–567. DOI: 10.3934/agrfood.2019.3.547.

14. Suter M., Hofer D., Lüscher A. Weed suppression enhanced by increasing functional trait dispersion and resource capture in forage ley mixtures // Agriculture, Ecosystems & Environment. 2017. Vol. 240. P. 329–339. DOI: 10.1016/j.agee.2017.01.007.

15. Kozlova L. M., Makarova T. S., Popov F. A., Denisova A. V. Influence of winter rye's predecessors on productivity, parameters of soil fertility and economic efficiency // Achievements of Science and Technology in Agro-Industrial Complex. 2012. Vol. 6. P. 42–44.

16. Utkina E. I., Kedrova L. I. Winter hardiness in winter rye: problems and solutions // Agricultural Science Euro-North-East. 2018. Vol. 62(1). P. 11–18. DOI: 10.30766/2072-9081.2018.62.1.11-18.

17. Shchekleina L. M. Monitoring of winter rye diseases in Kirov region and possible trends of breeding for immunity // Agricultural Science of Euro-North-East. 2020. Vol. 21(2). P. 124–132. DOI: 10.30766/2072-9081.2020.21.2.124-132.

18. Svechnikov A. K., Maksimova R. B., Sokolova E. A. Barley grain productivity in forage crop rotation structures // Modern Agricultural Technologies (ICMAT 2019). Yoshkar-Ola: MarSU, 2019. Vol. 21. P. 107–109.

19. Maksimov V. A., Zamyatin S. A., Maryin G. S., Apaeva N. N. Barley damage by root rot and yield in different crop rotations // Bulletin of Altai State Agricultural University. 2011. Vol. 5. P. 18–20.

20. Heuzé V., Tran G., Lebas F. Oat forage. Feedipedia, a programme by INRAE, CIRAD, AFZ and FAO. [Electronic resource]. Access point: <https://www.feedipedia.org/node/500> (references date 26.02.2021).

21. Lauriault L. M., Kirksey R. E. Yield and nutritive value of irrigated winter cereal forage grass-legume intercrops in the Southern High Plains, USA // Agronomy Journal. 2004. Vol. 96(2). P. 352–358. DOI: 0.2134/agronj2004.0352.

22. Kozlova L. M., Denisova A. V. Catch crops in field crop rotations of Kirov Region // Agricultural Science Euro-North-East. 2014. No. 5(42). P. 33–37.

23. Khrantseva V. G., Andreeva R. A., Boyarinov A. L. Long-term usage of grass and goat's rue mixtures // Achievements of Science and Technology in Agro-Industrial Complex. 2011. No. 1. P. 51–52.

24. Svechnikov A. K., Sokolova E. A. Green mass productivity and quality of galega-rump grass mixture with prolonged use of mineral fertilizers // Proceedings of the International Scientific-Practical Conf., dedicated to the 100th anniversary of the birth of Prof. A.F. Timofeev "Soil Reclamation for Sustainable Development of Agriculture". Kirov: Vyatka State Agricultural Academy, 2019. P. 249–254.

25. Donskikh N. A., Nikulin A. B. The grass stands with the eastern goat's rue participation of the tenth and eleventh years of use // Izvestiya Saint-Petersburg State Agrarian University. 2018. No. 2(51). P. 17–23. DOI: 10.24411/2078-1318-2018-12017. вообще-то я не нашла DOI у этой статьи

26. Turusov V. I., Novichikhin A. M., Piskareva L. A., Gridneva O. V. Technological methods of formation of fodder galega productivity // Achievements of Science and Technology in Agro-Industrial Complex. 2016. No. 3. P. 68–70.

27. Izmestyev V. M., Vinogradov G. M., Lapshin U. A., Zamyatin S. A., Vinogradova I. A. Climatic condition changes in the Republic of Mari El. Yoshkar-Ola: String, 2011. 34 p.

28. Guidelines for conducting field experiments with forage crops. Moscow: Printing house of the RAAS, 1997. 155 p.

29. Dospekhov B. A. Methods of field research. Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p.

30. Webb K. J., Jensen E. F., Heywood S., Morris S. M., Linton P. E., Hooker J. E. Gene expression and nitrogen loss in senescing root systems of red clover (*Trifolium pratense*) // The Journal of Agricultural Science. 2010. No. 148(5). P. 579–591. DOI: 10.1017/S0021859610000420.

31. Tyulin V. A., Sutyagin V. P. Diversity meadow herbage // Advances in Current Natural Sciences. 2016. No. 11. P. 318–323. [Electronic resource]. Access point: <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=36231> (references date обращения 26.02.2021).

32. Barsila S. R. The fodder oat (*Avena sativa*) mixed legume forages farming: nutritional and ecological benefits // Journal of Agriculture and Natural Resources. 2018. No. 1(1). P. 206–222. DOI: 10.3126/janr.v1i1.22236.

UDC 633.853;633.1/3

Svechnikov A. K., Kozlova L. M.

## **BOTANICAL COMPOSITION DYNAMICS IN FODDER AGROPHYTOCENOSES BASED ON LEGUME-CEREAL HERBS**

**Summary.** Various ecological and biological factors, including the composition of grass mixtures in crop rotation, affect the state of agrophytocenosis. The purpose of the research was to reveal the regularities of changes in the botanical composition of crops in forage agrophytocenoses depending on the duration of perennial legume-cereal grasses



*cultivation. The experiment was conducted according to B. A. Dospekhov's "Methods of field research" on the experimental field of the Mari Research Institute of Agriculture, a branch of the FSBSI "Federal Agricultural Research Center of the North-East" in 2013–2018. In a two-factor field experiment, we studied the botanical composition dynamics in three six-field grain-grass crop rotations and goat-rump grass mixture (Factor A) with and without nitrogen fertilizing against the background of phosphorus-potassium fertilizers (Factor B). Soil of the experimental plots – sod-podzolic mid loamy. The meteorological conditions of the growing seasons were often unfavorable; therefore, the crops were strongly suppressed. The most drought-resistant species (sunflower, winter rye, alfalfa and barley with a mass fraction of 55 %, 97 %, 20 % and 96 %, respectively) had an advantage over weeds in grass mixtures by weight in the spring-summer period during the third rotation of the studied crop rotations. Plants of red clover and white mustard in the catch crop were strongly suppressed by drought. The clover-alfalfa-timothy grass mixture was replaced by forbs from 36 % in mass in the first year of use with a step of 23 % in subsequent years. After the 15-year usage, the second component in the grass mixture monocrop (*Galega orientalis* Lam. + *Bromus inermis* Leyss) completely dropped out. Non-sown grasses faster replaced the crop components of the herbage on the fields without nitrogen fertilizing. Thus, the crop rotation fields with the richly diverse crops composition and the nitrogen application were infested with fewer weeds (4.0–10.6 % by mass).*

**Keywords:** *forbs, Trifolium pratense L., Medicago varia Mart., Galega orientalis Lam., inermis Leyss., Secale cereale L., Vicia sativa L., Sinapis alba L., Selyaninov hydrothermal coefficient (HTC).*

Свечников Александр Константинович, научный сотрудник отдела технологий возделывания сельскохозяйственных культур Марийского НИИСХ – филиала ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого»; 425231, Россия, Республика Марий Эл, Медведевский район, п. Руэм, ул. Победы, 10; e-mail: koalder@yandex.ru.

Козлова Людмила Михайловна, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, заведующий отделом земледелия, агрохимии, кормопроизводства ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого»; 610007, г. Киров, ул. Ленина, 166 а; e-mail: zemledele\_niish@mail.ru.

Svechnikov Aleksandr Konstantinovich, researcher of the Department of crop cultivation technologies, Mari Research Institute of Agriculture, a branch of the FSBSI "Federal Agricultural Research Center of the North-East named after N. V. Rudnitsky"; 10, Pobedy str., village of Ruem, Medvedevsky district, Republic of Mari El, 425231, Russia; e-mail: koalder@yandex.ru.

Kozlova Lyudmila Mikhaylovna, Dr. Sc. (Agr.), leading researcher, head of the Department of agriculture, agrochemistry, forage production, FSBSI "Federal Agricultural Research Center of the North-East named after N. V. Rudnitsky"; 166 a, Lenina str., Kirov, 610007, Russia; zemledele\_niish@mail.ru.

*Дата поступления в редакцию – 01.03.2021.*

*Дата принятия к печати – 15.06.2021.*