

Научная статья
 УДК 632.51:633.2/4
 doi:10.35694/YARCSX.2022.60.4.006

ВИДОВОЙ СОСТАВ И СТРУКТУРА ЖИЗНЕННЫХ СТРАТЕГИЙ СОРНОГО КОМПОНЕНТА АГРОФИТОЦЕНОЗОВ НА ПРИМЕРЕ КОРМОВОГО СЕВООБОРОТА

Е. А. Флёрова¹, Т. П. Сабирова², А. В. Тихонов³, А. А. Лобанова⁴, В. В. Хрящёв⁵

^{1, 2, 3, 4}Ярославский научно-исследовательский институт животноводства
 и кормопроизводства – филиал Федерального государственного бюджетного
 научного учреждения «Федеральный научный центр кормопроизводства
 и агроэкологии имени В. Р. Вильямса», Михайловский, Россия

^{1, 5}Ярославский государственный университет им. П. Г. Демидова, Ярославль, Россия

²Ярославская государственная сельскохозяйственная академия, Ярославль, Россия

Автор, ответственный за переписку: Александр Викторович Тихонов, Sandrokes@live.ru

Реферат. Разделяя с культурными растениям условия обитания, сорная флора может нести в себе информацию об экологических особенностях агрофитоценоза в целом. Однако в традиционных агрономических исследованиях она не учитывается или рассматривается как сугубо негативный фактор, снижающий урожайность. В исследовании представлены данные, собранные на опытных полях Ярославского НИИЖК в течение вегетационного периода 2021 года. Выявленный комплекс сорных растений включал в себя 28 видов из 28 родов и 15 семейств, при этом культурные растения не учитывались. Большинство видов, выявленных на полях, относились к покрытосеменным. Несмотря на очень низкое видовое разнообразие, всего два вида встречались повсеместно. По видовому составу сорного компонента можно объединить культуры, сходные по типу возделывания (многолетние травы, однолетние травы и зерновые), при этом конкретные технологии возделывания полевых культур (экстенсивная, органическая, высокоинтенсивная) оказывали меньшее влияние на состав. Одной из особенностей многолетних трав является сниженное видовое разнообразие, здесь отмечалось от 3 до 10 видов сорных растений, с тенденцией к уменьшению разнообразия с увеличением срока пользования культуры. По классификации Грайма, спектр жизненных стратегий сорной флоры включал в себя 4 варианта (R, CR, C, CS). В целом на опытных полях преобладали виды с R-компонентом в жизненной стратегии, характеризующиеся высокой семенной продуктивностью. При этом просматриваются тенденции к сходству спектров сорной флоры на культурах и по технологиям возделывания, однако они слабо выражены.

Ключевые слова: сорная флора, жизненные стратегии, технологии возделывания, севооборот, кормовые культуры, видовое разнообразие, агрофитоценоз, искусственный интеллект

SPECIES COMPOSITION AND STRUCTURE OF LIFE STRATEGIES OF THE WEED COMPONENT OF AGROPHYTOCENOSES ON THE EXAMPLE OF FODDER CROP ROTATION

E. A. Flerova¹, T. P. Sabirova², A. V. Tikhonov³, A. A. Lobanova⁴, V. V. Khryashchev⁵

^{1, 2, 3, 4}Yaroslavl Scientific Research Institute of livestock breeding and forage production –
 Federal State Budget Scientific Institution "Federal Williams Research Center
 of Forage Production and Agroecology", Mihajlovskij, Russia

^{1, 5}P. G. Demidov Yaroslavl State University, Yaroslavl, Russia

²Yaroslavl State Agricultural Academy, Yaroslavl, Russia

Author responsible for correspondence: Aleksandr V. Tikhonov, Sandrokes@live.ru

Abstract. Sharing living conditions with cultivated plants, weed flora can carry information about the ecological features of agrophytocenosis as a whole. However, in traditional agronomic studies it is not taken

Видовой состав и структура жизненных стратегий сорного компонента
 агрофитоценозов на примере кормового севооборота

into account or is considered as a purely negative factor that reduces yields. The research presents data collected on the experimental fields of the Yaroslavl SRILF during the growing season of 2021. The identified complex of weed plants included 28 species from 28 genera and 15 families, cultivated plants having not been taken into account. Most of the species found in the fields were angiospermous. Despite the very low species diversity only two species were ubiquitous. According to the species composition of the weed component it is possible to combine crops similar in type of cultivation (perennial grasses, annual grasses and cereals), while specific technologies for cultivating field crops (extensive, organic, high-intensity) had a less influence on the composition. One of the features of perennial grasses is reduced species diversity, there were from 3 to 10 species of weed plants with a tendency to decrease in diversity with an increase in the period of use of the crop. According to Grime's classification the spectrum of weed flora life strategies included 4 variants (R, CR, C, CS). In general, the experimental fields were dominated by species with an R-component in their life strategy characterized by high seed productivity. At the same time, there are tendencies towards the similarity of the spectra of weed flora on crops and according to cultivation technologies but they are poorly expressed.

Keywords: weed flora, life strategies, cultivation technologies, crop rotation, fodder crops, species diversity, agrophytocenosis, artificial intelligence

Введение. Возделывание полевых культур неразрывно связано с проникновением в посевы сорных видов, негативно влияющих на продуктивность культурных растений, составляя им конкуренцию за основные ресурсы [1; 2; 3; 4]. При этом сорная флора формирует свои сообщества в условиях, заданных агрономами, и может стать естественным биоиндикатором состояния посевов. Семипольный севооборот позволяет оценить изменения в составе и структуре сорной флоры при возделывании культур по различным технологиям, предусматривающим различную степень интенсивности воздействия на агрофитоценоз.

Как отмечает Г. И. Баздырев [5], количество видов, засоряющих посевы сельскохозяйственных культур на территории России, достигает 1100. Значимость определённых видов в посевах может быть неоднозначна и существенно варьировать в зависимости от природно-климатических зон, условий местообитания и уровня интенсификации земледелия. Показано, что норма реакции вида сохранит его биоиндикационные свойства. Однако не все виды сорняков обладают «узкой» нормой реакции, позволяющей эффективно использовать их в качестве биоиндикаторов [6]. Помимо индивидуальных особенностей вида, для целей биоиндикации можно использовать состав и структуру агрофитоценозов, варьирующую в зависимости от культуры и по технологиям возделывания. В настоящее время одной из актуальных задач в растениеводстве является идентификация сорных видов. Её решение носит как теоретический, так и практический характер. В теоретическом аспекте это позволяет формировать системный взгляд на агрофитоценоз как экосистему – сложную мозаику из культурных и диких растений, объединённых едиными почвенно-климатическими условиями. В практическом аспекте – знание сорной флоры позволяет скорректировать технологические приёмы возделывания культур, тем самым повышая

эффективность мер по защите растений и снижая общую нагрузку на экосистему.

Целью исследования было оценить видовой состав, таксономическую структуру и сектор жизненных стратегий сорной флоры всех звеньев севооборота при возделывании по трём технологиям (экстенсивной, органической, высокоинтенсивной) для формирования пула данных, необходимого для разработки систем дистанционного мониторинга посевов с использованием систем машинного зрения и искусственного интеллекта.

Материалы и методы. Исследования проводились на опытном поле Ярославского НИИЖК – филиала ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса». Почва исследованного участка дерново-подзолистая среднесуглинистая. Содержание в почве подвижных форм биогенных элементов: P_2O_5 – 276–331 мг/кг, K_2O – 80–510 мг/кг; гумуса – 1,54–2,08%; pH – 5,7–6,4.

Изучение флористического состава проводилось в рамках кормового севооборота, включающего следующий набор культур: вико-овсяная смесь (с подсевом многолетних трав) на зелёную массу, многолетние травы (1–3 года пользования) на зелёную массу, яровые зерновые на зелёную массу + рапс поукосно, ячмень на зерно, кукуруза на силос. Культуры севооборота возделывались по трём технологиям: экстенсивная (контроль) – без внесения удобрений, органическая – с внесением только органических удобрений и высокоинтенсивная – сочетающая внесение минеральных и органических удобрений.

В качестве органических удобрений вносилось 60 т/га полуперепревшего навоза КРС и ячменная солома под кукурузу; зелёная масса рапса – под ячмень; второй укос многолетних трав третьего года пользования – под яровые зерновые (только по органической технологии). Форма внесения минеральных удобрений: азотные – аммиачная селитра (34,5%), сложные удобрения – азофоска (NPK

– 16:16:16%), калийные – калий хлористый (60%) согласно схеме опыта.

Технология возделывания культур общепринята для условий Ярославской области.

Фенологические наблюдения проводились согласно методическим указаниям по проведению полевых опытов с кормовыми культурами [7; 8]. Для установления видовой принадлежности использовалась специализированная литература [9]. Таксономические единицы для семенных растений приняты согласно системе APG IV [10]. Для удобства в тексте и таблицах названия растений приводятся в алфавитном порядке русских названий видов. Оценку уровня флористического сходства производили в программе Paste 4.03 [11] с использованием коэффициента Жаккара [12]. Визуализацию полученных результатов осуществили в программе INKSCAPE 1.2.1.

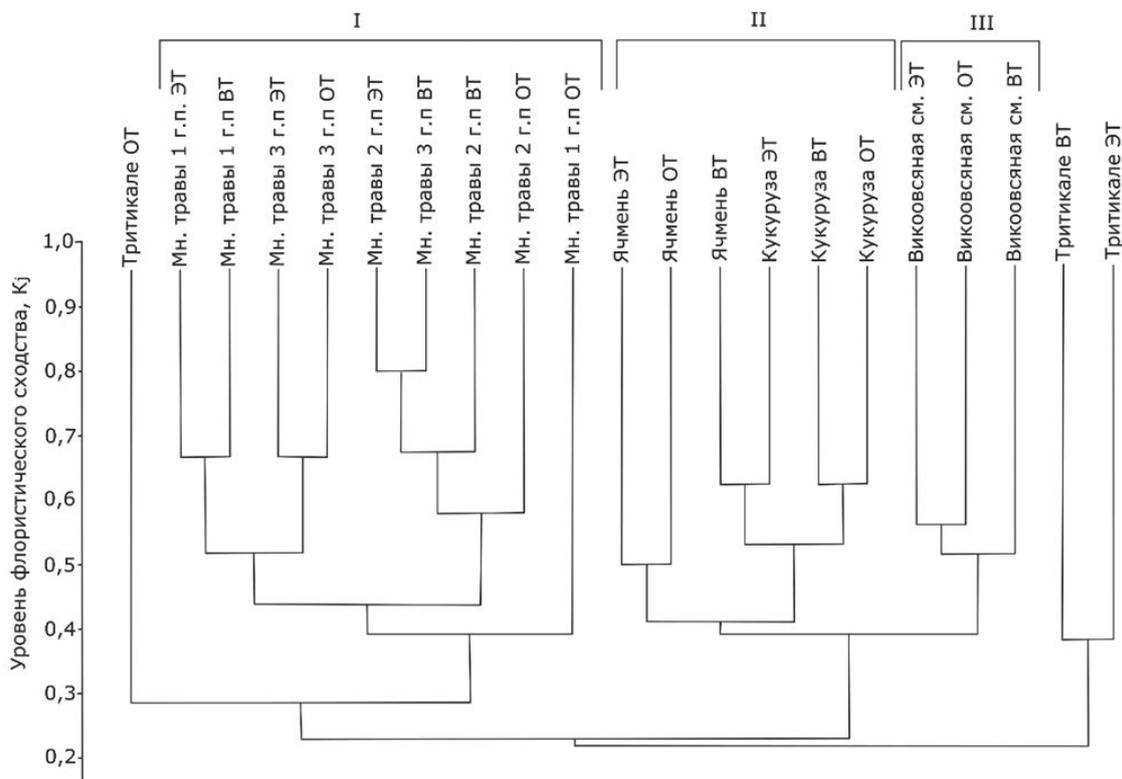
Экологические стратегии видов взяты по классификации Дж. Грайма [13; 14; 15]. Конкретные значения для видов устанавливались согласно базе данных «Флора сосудистых растений Центральной России» института математических проблем биологии [16].

Результаты и обсуждение. Видовой состав сорного компонента агроценозов включал в себя 28 видов из 28 родов, 15 семейств. Все виды при-

надлежали к покрытосеменным растениям. Исключение составил хвощ полевой (*Equisetum arvense* L.), отдел хвощевидные, класс хвощовые. При этом в пределах отдельных культур севооборота видовое разнообразие не превышало 18. Отмечается тенденция к существенному снижению разнообразия на многолетних травах, в особенности второго и третьего года пользования. Количественное распределение семейств носило схожий характер, на яровых культурах было отмечено 10–11 семейств, а на многолетних травах – 4–9 семейств (табл. 1).

Показано, что видовой состав по культурам различается (табл. 1). Однако есть два вида, встречающиеся во всех культурах кормового севооборота – осот полевой (*Sonchus arvensis* L.) и бодяк полевой (*Cirsium arvense* (L.) Scop.). Следует отметить, что в посевах яровых трав встречается целый ряд специфических видов, таких как: чистец шершавый (*Stachys palustris* L.), яснотка белая (*Lamium album* L.), гречишка вьюнковая (*Fallopia convolvulus* (L.) Á. Löve) и др. В посевах многолетних трав был отмечен только один специфический вид – лютик едкий (*Ranunculus acris* L.).

На дендрограмме флористического сходства (рис. 1) можно чётко выделить три группы культур: первая (I) включает многолетние травы



I – многолетние травы, II – зерновые, III – однолетние травы. ЭТ – экстенсивная технология (контроль), ОТ – органическая технология, ВТ – высокоинтенсивная технология.

Рисунок 1 – Дендрограмма сходства флоры (по коэффициенту Жаккара КJ [12]) сорного компонента агроценозов по культурам и технологиям возделывания

Видовой состав и структура жизненных стратегий сорного компонента агрофитоценозов на примере кормового севооборота

Таблица 1 – Видовой состав и структура жизненных стратегий сорного компонента агрофитоценозов

Видовой состав	Стратегии	Тритикале	Ячмень	Кукуруза	Вико-овсяная смесь	Многолетние травы 1 г.п.	Многолетние травы 2 г.п.	Многолетние травы 3 г.п.
Бодяк полевой	C	+	+	+	+	+	+	+
Горец птичий	R		+	+				
Горец щавелелистный	R	+	+		+			
Горчица полевая	R				+			
Гречишка вьюнковая	R	+	+	+	+			
Дымянка лекарственная	R	+		+				
Ежовник обыкновенный	R	+				+		
Звездчатка средняя	R		+	+	+			
Лапчатка гусиная	CR	+				+		
Лютик едкий	CS					+		+
Марь белая	R	+	+	+	+	+		+
Мятлик однолетний	R		+			+		
Незабудка полевая	SR	+				+		
Одуванчик лекарственный	CR	+	+	+		+	+	+
Осот полевой	CR	+	+	+	+	+	+	+
Пастушья сумка обыкновенная	R	+		+	+	+		
Пикульник красивый	CR	+	+	+	+		+	
Подмаренник цепкий	CR		+	+	+			
Подорожник большой	CS	+	+		+	+	+	+
Пырей ползучий	CR				+			
Торица полевая	R		+	+				
Трёхрёберник непахучий	R	+	+	+		+		
Фиалка полевая	R			+	+			
Хвощ полевой	CR		+	+	+	+		+
Чистец болотный	CR		+		+			
Щавель конский	CR				+		+	
Ярутка полевая	R	+	+	+	+	+		+
Яснотка белая	CR		+	+	+			

(мн. травы) с первого по третий годы пользования (1–3 г.п.), вторая (II) – зерновые культуры (кукуруза и ячмень), а третья (III) – однолетние травы (вико-овсяная смесь).

Таким образом, возделываемые в севообороте культуры оказывают большее влияние на состав сорного компонента, чем технология их возделывания. В целом группа многолетних трав выделяется низким видовым разнообразием и отсутствием ряда видов, характерных для других групп. При этом группы зерновых и однолетних трав характеризуются сопоставимым видовым разнообразием.

В данных группах присутствует большее количество общих видов, что и приводит к их обособлению от многолетних трав. Единственная культура, не сформировавшая однородную группу – тритикале, возделываемая на зелёную массу. Данный факт связан с особенностями возделывания. В рамках органической технологии под посев тритикале на зелёную массу в почву заделывали второй укос многолетних трав третьего года пользования, что и привело к повышению уровня сходства между тритикале, возделываемой по органической технологии, и группой многолетних трав.

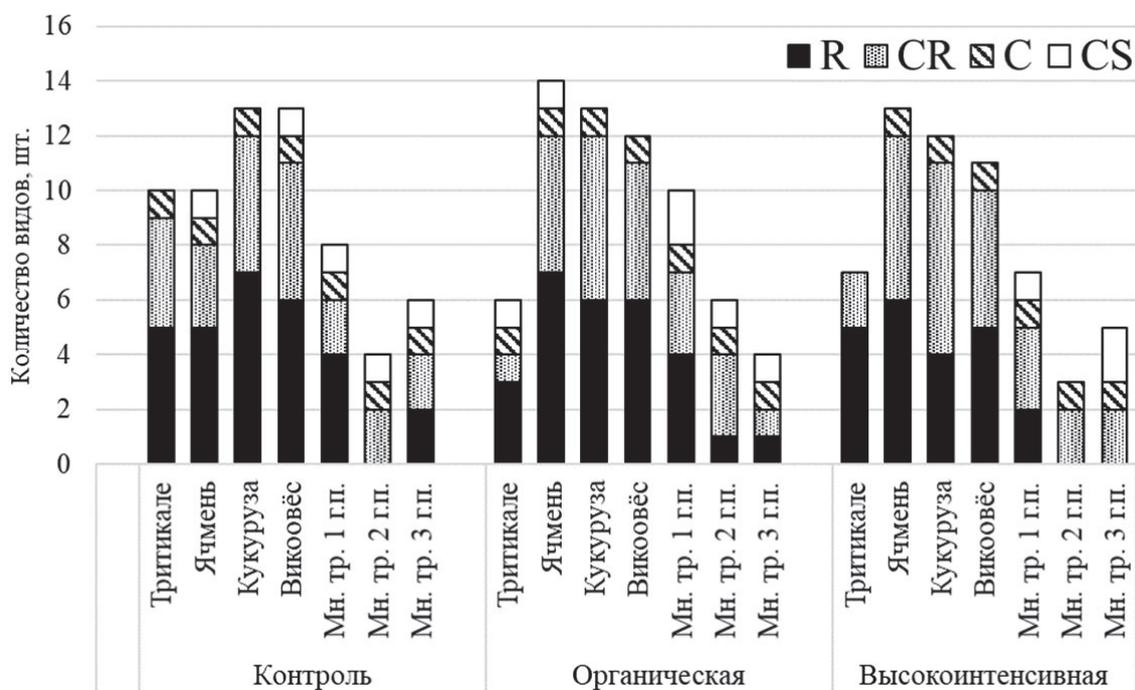


Рисунок 2 – Структура типов стратегий по [15]

В ходе анализа структуры типов стратегий по [15] (рис. 2) было выявлено наличие не всех стратегий, среди видов полностью отсутствовали S, SR и CRS. Среди оставшихся стратегий доминировали R-стратегии, к ним принадлежало 16 видов, к CR-стратегии – 9 видов, к C – 1 вид, к CS – 2 вида.

В той или иной мере стратегии были представлены в посевах всех культур, однако по технологиям их доли существенно варьировали. Максимального развития R-стратегии достигают на яровых культурах, здесь их доля колеблется от 33 до 71%. Тогда как на многолетних травах активное развитие получают виды с включённым C-компонентом в их стратегии (C, CR, CS) [15].

Для яровых культур по доле R-стратегов можно выделить экстенсивную и органическую технологии, где их процентное соотношение очень близко и составляет 46–54% и 46–50% соответственно. При совместном внесении минеральных и органических удобрений наблюдается максимальный разброс показателей – от 33 до 71%. На наш взгляд, подобное соотношение связано с предшествующей культурой, особенностями обработки почвы и внесения удобрений как органических, так и минеральных. Более поздние сроки предпосевной обработки почвы под кукурузу приводили к гибели проросших R-стратегов, что выразилось в сокращении их доли до 33%. Существенный рост доли R-стратегов (до 71%) в посевах тритикале, возделываемой по высокоинтенсивной технологии, связан с заделкой пожнивно-корневых остатков многолетних трав третьего года пользования. Отсутствие механической обработки почвы и регу-

лярное подкашивание зелёной массы многолетних трав негативно отразилось на видовом разнообразии и структуре сорного компонента, снижая до нуля долю R-стратегов. Максимальная их доля наблюдается на контроле (0–50%), на органической технологии их доля не превышала 40%, а на высокоинтенсивной – 29%. Подобный эффект можно объяснить более мощным разбитием основной культуры с внесением удобрений, приводящим к увеличению конкурентоспособности культуры относительно R-стратегов.

Следует отметить, что условия произрастания культурной и сорной флоры характеризуются высокой стабильностью, отсутствием резких изменений фона питания и почвенно-климатических условий. Подобные условия не способствуют проникновению и закреплению на исследуемых участках типичных S-стратегов, вытесняемых более агрессивными и (или) конкурентоспособными видами.

Выводы. Сорная флора севопольного кормового севооборота характеризуется низким видовым разнообразием, всего было выявлено 28 видов из 28 родов, 15 семейств, доминировали – цветковые. Большинство семейств во флоре исследованных территорий были представлены 1–2 видами. Кластерный анализ показал чёткие различия между многолетними травами и прочими культурами. Однако различия между технологиями возделывания были не столь очевидны. В спектре жизненных стратегий представлены виды с R, CR, C и CS, при этом доминируют виды с R-компонентом. При этом условия обитания в севообороте стабильные, и чистые S-стратегии полностью отсутствуют.

Список источников

1. Носкова Е. В., Щукин С. В. Обилие сорного компонента полевого фитоценоза при применении различных агротехнологий // Вестник АПК Верхневолжья. 2018. № 3 (43). С. 3–9. ISSN 1998-1635.
2. Замятин С. А., Ефимова А. Ю., Максуткин С. А. Сорные растения полевых севооборотов // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2018. № 5 (66). С. 98–103. ISSN 2072-9081.
3. Багринцева В. Н., Кузнецова С. В., Губа Е. И. Зависимость урожайности кукурузы от сорных растений // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2022. № 2 (106). С. 82–91. ISSN 1991-6639.
4. Ялович Л. И., Ялович А. В., Бавровский С. В. [и др.] Эффективность химической обработки посадок картофеля от сорняков в условиях Псковской области // Известия Великолукской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 2 (39). С. 49–55. ISSN 2308-8583.
5. Земледелие / под ред. Г. И. Баздырева. М. : КолосС, 2008. 606 с. ISBN 978-5-9532-0482-8.
6. Ракутько С. А., Мишанов А. П., Ракутько Е. Н. [и др.] Исследование возможности биоиндикации агроэкосистем по растениям со спиральным филлотаксисом // АгроЭкоИнженерия. 2022. № 2 (111). С. 22–42. ISSN 2713-2641.
7. Новоселов Ю. К., Киреев В. Н., Кутузов Г. П. [и др.] Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами. М. : Россельхозакадемия, 1997. 156 с.
8. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. 5-е изд., доп. и перераб. М. : Агропромиздат, 1985. 351 с.
9. Маевский П. Ф. Флора средней полосы европейской части России. 11-е изд. М. : Товарищество научных изданий КМК, 2014. 635 с. ISBN 978-5-87317-958-9.
10. Chase M.W., Christenhusz M. J. M. [et al.] An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV // Botanical journal of the Linnean Society. 2016. Vol. 181, Is. 1. P. 1–20. <https://doi.org/10.1111/boj.12385>.
11. Hammer Ø, David A.T. Harper, and Ryan Paul D. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis // Palaeontologia electronica. 2001. Vol. 4, Is. 1. P. 9.
12. Миркин Б. М., Розенберг Г. С. Толковый словарь современной фитоценологии. М. : Наука, 1983. 134 с.
13. Grime J. P. Vegetation classification by reference to strategies // Nature. 1974. Vol. 250, Is. 5461. P. 26–31.
14. Grime J. P. Evidence for the existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory // American Society of Naturalists. 1977. Vol. 111, № 982. P. 1169–1194.
15. Grime J. P. Primary strategies in plants // Transactions of the Botanical Society of Edinburgh. Taylor & Francis Group, 1979. Vol. 43, Is. 2. P. 151–160.
16. База данных «Флора сосудистых растений Центральной России» / Л. Г. Ханина, Л. Б. Заугольнова, О. В. Смирнова [и др.]. URL: <https://www.impb.ru/eco/index.php> (дата обращения: 19.10.2021).

References

1. Noskova E. V., Shchukin S. V. Obilie sornogo komponenta polevogo fitocenoza pri primenenii razlichnyh agrotehnologij // Vestnik APK Verhnevolzh'ja. 2018. № 3 (43). S. 3–9. ISSN 1998-1635.
2. Zamyatin S. A., Efimova A. Yu., Maksutkin S. A. Sornye rastenija polevyh sevooborotov // Agrarnaja nauka Evro-Severo-Vostoka. 2018. № 5 (66). S. 98–103. ISSN 2072-9081.
3. Bagrintseva V. N., Kuznetsova S. V., Guba E. I. Zavisimost' urozhajnosti kukuruzy ot sornyh rastenij // Izvestija Kabardino-Balkarskogo nauchnogo centra RAN. 2022. № 2 (106). S. 82–91. ISSN 1991-6639.
4. Yalovik L. I., Yalovik A. V., Bavrovskij S. V. [i dr.] Jefferktivnost' himicheskoy obrabotki posadok kartofelja ot sornjakov v uslovijah Pskovskoj oblasti // Izvestija Velikolukskoj gosudarstvennoj sel'skohozajstvennoj akademii. 2022. № 2 (39). S. 49–55. ISSN 2308-8583.
5. Zemledelie / pod red. G. I. Bazdyreva. M. : KolosS, 2008. 606 s. ISBN 978-5-9532-0482-8.
6. Rakut'ko S. A., Miskhanov A. P., Rakut'ko E. N. [i dr.] Issledovanie vozmozhnosti bioindikacii agrojekosistem po rastenijam so spiral'nym fillotaksisom // AgroJekoInzhenerija. 2022. № 2 (111). S. 22–42. ISSN 2713-2641.
7. Novoselov Yu. K., Kireev V. N., Kutuzov G. P. [i dr.] Metodicheskie ukazanija po provedeniju polevyh opytov s kormovymi kul'turami. M. : Rossel'hozakademija, 1997. 156 s.
8. Dospekhov B. A. Metodika polevogo opyta. 5-e izd., dop. i pererab. M. : Agropromizdat, 1985. 351 s.
9. Maevskij P. F. Flora srednej polosy evropejskoj chasti Rossii. 11-e izd. M. : Tovarishhestvo nauchnyh izdanij KMK, 2014. 635 s. ISBN 978-5-87317-958-9.
10. Chase M.W., Christenhusz M. J. M. [et al.] An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV // Botanical journal of the Linnean Society. 2016. Vol. 181, Is. 1. P. 1–20. <https://doi.org/10.1111/boj.12385>.
11. Hammer Ø, David A.T. Harper, and Ryan Paul D. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis // Palaeontologia electronica. 2001. Vol. 4, Is. 1. P. 9.
12. Mirkin B. M., Rozenberg G. S. Tolkovj slovar' sovremennoj fitocenologii. M. : Nauka, 1983. 134 s.

13. Grime J. P. Vegetation classification by reference to strategies // Nature. 1974. Vol. 250, Is. 5461. P. 26–31.
14. Grime J. P. Evidence for the existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory // American Society of Naturalists. 1977. Vol. 111, № 982. P. 1169–1194.
15. Grime J. P. Primary strategies in plants // Transactions of the Botanical Society of Edinburgh. Taylor & Francis Group, 1979. Vol. 43, Is. 2. P. 151–160.
16. Baza dannyh «Flora sosudistyh rastenij Central'noj Rossii» / L. G. Khanina, L. B. Zaugol'nova, O. V. Smirnova [i dr.]. URL: <https://www.impb.ru/eco/index.php> (data obrashhenija: 19.10.2021).

Сведения об авторах

Екатерина Александровна Флёрова – кандидат биологических наук, доцент, ведущий научный сотрудник отдела технологий животноводства, Ярославский научно-исследовательский институт животноводства и кормопроизводства – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В. Р. Вильямса»; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ярославский государственный университет имени П. Г. Демидова», spin-код: 8116-7764.

Татьяна Павловна Сабирова – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры агрономии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ярославская государственная сельскохозяйственная академия»; Ярославский научно-исследовательский институт животноводства и кормопроизводства – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В. Р. Вильямса», t.sabirova@yarcx.ru, ORCID 0000-0001-6452-4864, spin-код: 5437-3060.

Александр Викторович Тихонов – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела кормопроизводства и первичного семеноводства, Ярославский научно-исследовательский институт животноводства и кормопроизводства – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В. Р. Вильямса», spin-код: 7350-4187.

Анастасия Андреевна Лобанова – научный сотрудник отдела кормопроизводства и первичного семеноводства, Ярославский научно-исследовательский институт животноводства и кормопроизводства – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В. Р. Вильямса», anastasia.smolyonova@yandex.ru.

Владимир Вячеславович Хрящёв – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры цифровых технологий и машинного обучения, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ярославский государственный университет имени П. Г. Демидова», spin-код: 9120-0410.

Information about the authors

Ekaterina A. Flerova – Candidate of Biological Sciences, Docent, Leading Research Officer of the Livestock Technology Department, Yaroslavl Scientific Research Institute of livestock breeding and forage production – Federal State Budget Scientific Institution "Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology"; P.G. Demidov Yaroslavl State University, spin-code: 8116-7764.

Tatyana P. Sabirova – Candidate of Agricultural Sciences, Docent, Associate Professor of the Department of Agronomy, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Yaroslavl State Agricultural Academy; Yaroslavl Scientific Research Institute of livestock breeding and forage production – Federal State Budget Scientific Institution "Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology", t.sabirova@yarcx.ru, ORCID 0000-0001-6452-4864, spin-code: 5437-3060.

Aleksandr V. Tikhonov – Candidate of Biological Sciences, Senior Research Officer of the Department of Fodder Production and Primary Seed Production, Yaroslavl Scientific Research Institute of livestock breeding and forage production – Federal State Budget Scientific Institution "Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology", spin-code: 7350-4187.

Anastasiya A. Lobanova – Research Officer of the Department of Fodder Production and Primary Seed Production, Yaroslavl Scientific Research Institute of livestock breeding and forage production – Federal State Budget Scientific Institution "Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology", anastasia.smolyonova@yandex.ru.

Vladimir V. Khryashchev – Candidate of Technical Sciences, Docent, Associate Professor of the Department of Digital Technologies and Machine Learning, P.G. Demidov Yaroslavl State University, spin-code: 9120-0410.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.