

Биологическая эффективность и конкурентная способность вики посевной яровой при выращивании в смеси с рапсом на семена и зернофураж

А. В. Безгоднов¹✉, К. А. Галимов¹, В. Ф. Ахметханов¹

¹ Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия

✉ E-mail: spagro@list.ru

Аннотация. Цель исследований – изучение влияния способа выращивания укосных и зернофуражных сортов яровой вики в смешанных посевах с яровым рапсом на урожайность семян, структуру урожая, посевные качества семян. **Методы исследований.** Постановка полевого опыта и обобщение результатов исследований выполнены в соответствии с методиками опытного дела. Рассмотрены показатели, характеризующие биологическую эффективность, конкурентоспособность и агрессивность культур. **Результаты.** Посев вики яровой с нормой высева 1,3, 0,8, 0,6 и 0,4 млн всхожих семян на гектар в смеси с рапсом приводит к формированию урожая зерна, существенно превышающего урожайность при одновидовом посеве вики. Оценка эффективности использования пашни (LER) показывает, что при применении вико-рапсовых посевов продуктивность 1 га пашни значительно возрастает: в 1,9–2,16 раза по сорту Красноуфимская 49; в 1,89–2,02 раза по сорту Львовская 91; в 1,82–1,98 раза по сорту Луговская 98; в 1,38–1,62 раза по сорту Люба. Эффективность использования пашни достигается за счет взаимодействия обеих культур и увеличения их конкурентоспособности в агроценозе. При норме высева 0,4 млн/га, по сравнению с высевом 1,3 млн/га коэффициент агрессивности вики в зависимости от сорта возрастает в 1,59–2,0 раза. **Научная новизна.** В условиях Среднего Урала выявлена высокая эффективность возделывания вики в смешанных посевах с рапсом, установлено влияние изменения нормы высева на урожайность и посевные качества семян вики посевной яровой.

Ключевые слова: вика посевная яровая, рапс яровой, полиморфные посевы, семеноводство, устойчивость к полеганию, урожайность, аллелопатия, отношение земельных эквивалентов, коэффициент конкурентоспособности, коэффициент агрессивности, качество семян, белок.

Для цитирования: Безгоднов А. В., Галимов К. А., Ахметханов В. Ф. Биологическая эффективность и конкурентная способность вики посевной яровой при выращивании в смеси с рапсом на семена и зернофураж // Аграрный вестник Урала. 2020. № 12 (203). С. 2–14. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-203-12-2-14.

Дата поступления статьи: 20.02.2020.

Постановка проблемы (Introduction)

Рост производства продуктов животноводства напрямую связан с обеспечением высокобелковыми кормами. Потребность страны в кормовом зерне таких культур составляет около 6,0 млн т. В настоящее время их производится в 4 раза меньше – только 1,6 млн т [1, с. 98–101]. Целесообразным является использование любого источника белка, способного покрыть его недостаток в рационах сельскохозяйственных животных. Одним из таких источников белка является вика. Однако она не занимает соответствующего ее значению площадей в сельскохозяйственном производстве. Причиной этому служат объективные и субъективные обстоятельства [2].

Вика яровая посевная – однолетняя бобовая культура, выращиваемая для получения зеленой массы, сена, сенажа, зерна и по кормовой ценности почти не уступающая клеверу и люцерне. В семенах вики содержится в среднем от 27 до 35 % белка, тогда как в соломе – 6–10 %, в сене – 18–22 %, зеленой массе – 3,5 %. По сравнению с другими зернобобовыми культурами, зеленая масса вики содержит

меньше клетчатки, долго не грубеет, охотно поедается животными. Белок вики отличается высоким коэффициентом перевариваемости, хорошо сбалансирован незаменимыми аминокислотами, в т. ч. лизином и триптофаном. О высокой кормовой продуктивности культуры свидетельствует высокая обеспеченность 1 кормовой единицы сырым (187–223 г) и переваримым (164–196 г) протеином [3–6].

Для роста и развития смешанных посевов вики посевной с злаковыми компонентами создаются благоприятные условия, так как злаковые компоненты создали для вики посевной наилучшие условия для совместного произрастания. У злаковых компонентов (овес и ячмень) улучшается азотное питание, наблюдается активное нарастание вегетативной массы [7], [8]. Для получения кормов, сбалансированных по белку, каротину и другим питательным веществам, рекомендуется увеличить площади под смешанные посевы зернофуражных и бобовых культур. Это может способствовать повышению урожайности на 25–45 % по сравнению с чистыми посевами зернофуражных культур [9].

Современный селекционный процесс яровой вики направлен на расширение использования зерна вики в кормлении сельскохозяйственных животных. Новые сорта обладают высокой продуктивностью, низким содержанием синильной кислоты в белке зерна и допустимом количестве ингибиторов трипсина [10–15].

Российскими селекционерами созданы зернофуражные сорта вики, пригодные для использования в качестве концентрированного корма. Сорта Луговская 85, Луговская 98 и Люба включены в реестр сортов, разрешенных для возделывания в Российской Федерации. Проводится государственное испытание новых сортов. Утвержден ГОСТ Р 54631-2011 «Вика кормовая».

К зернофуражным сортам можно отнести и сорт вики Уголек. По литературным данным содержание глюкозидов и других антипитательных веществ у этого сорта незначительно [16, с. 73].

Проведенные научные исследования показали, что зерно новых зернофуражных сортов вики посевной практически безвредно при непосредственном использовании его как белкового компонента в комбикормах. Установлено, что по общей питательности и содержанию сырого протеина вика превосходит горох и кормовые бобы, но уступает узколиственному люпину и сое. Наличие антипитательных факторов определяет уровень включения вики в рационы сельскохозяйственных животных и птицы. Зерно вики следует включать в состав рационов животных и птицы в количествах, проверенных на практике. На основании обобщенных данных литературы, а также проведенных во ВНИИ кормов экспериментов можно рекомендовать следующие нормы ввода зерна вики в комбикорма: коровы – 15 %, молодняк крупного рогатого скота – 20 %, поросята 2–4 месяцев – 10 %, откорм свиней – 15 %, свиноматки – 20 %, цыплята-бройлеры – 15 %, взрослая птица – 20 % [2].

Нестабильное по годам производство семян, зависящее от погодных условий и урожайности культуры, необеспеченность потребности сельхозтоваропроизводителей семенным материалом, высокие потери зерна при уборке одновидовых посевов, низкий коэффициент размножения и повышенные затраты при производстве семенного материала в смесях с зерновыми культурами – основные причины сокращения посевных площадей в РФ вики яровой посевной. Все эти факторы указывают на необходимость разработки принципиально новых технологий возделывания этой культуры на семенные и фуражные цели, кардинально отличающихся от технологий возделывания смешанных посевов для производства грубых и сочных кормов.

При выращивании на зерно растения вики посевной склонны к полеганию. При уборке их на семена возникают определенные трудности, то есть этой культуре нужна уплотняющая, поддерживающая культура, в агрофитоценозе с которой во влажные годы будет снижаться поражение вики корневыми гнилями и листовыми болезнями, а в сухие годы – повышаться экологическая пластичность и стрессоустойчивость. Данная задача в производстве на сегодня не решена [17].

Многочисленными исследованиями подтверждено, что в смешанных посевах бобовых культур с ячменем и овсом злаковый компонент доминирует над бобовым и урожайность бобового компонента по сравнению с одновидовыми посевами, значительно снижается. Для решения проблемы увеличения сбора семян вики предлагается увеличивать долю бобового компонента в вико-злаковых смесях. Так, С. Л. Елисеев считает, что для Предуралья наиболее эффективно сочетание высокой нормы высева вики 2,5 млн семян/га и низкой нормы высева ячменя 1,5 млн семян/га [18, с. 6]. При этом только частично решается проблема полегания растений и потерь при обмолаоте. Повышение густоты посева вики до 2,5 млн семян/га увеличивает ее депрессивность, снижает ее выживаемость и продуктивность растения в целом. Депрессию в отношении к бобовому компоненту можно снизить за счет применения различных способов посева. Способы посева и нормы высева компонентов являются эффективными приемами при регулировании конкуренции в агротехнике вики посевной на зерно [19, с. 25–26].

Использование смешанных посевов для сидерации оказывает положительный агроэкологический эффект, при правильном подборе культур в эти агрообщества оказывают средообразующее воздействие на почву, что может быть одним из резервов повышения ее потенциального и эффективного плодородия [20], [21].

Необходимость проведения исследований по смешанным вико-рапсовым посевам определяется биологией культур. Вика яровая посевная – светолюбивое растение длинного дня развития. При недостатке света отмечают усиленный рост стеблей, вытягивание корневой системы, снижение продуктивности цветения и плодоношения, уменьшение содержания в зерне наиболее ценных компонентов – белков, сахаров, крахмала. В молодом возрасте растения лучше переносят затенение, чем в более поздние фазы онтогенеза. Наиболее светочувствительный период – формирование и созревание бобов и семян. У рапса ярового крепкий и ветвистый стебель, к моменту созревания семян в стручках его листовая аппарат полностью отмирает. Это способствует увеличению использования солнечной энергии вторым компонентом.

В условиях Витебской области республики Беларусь способы возделывания зернобобовых культур оказывают существенное влияние как на общую урожайность зернофуража, так и бобового компонента. В смешанных посевах, где использовались горчица белая или рапс яровой, урожайность семян опорного растения была невысокой. При посеве вики посевной с яровым рапсом урожайность семян опорного растения получена на уровне 5,8–6,8 ц/га. Доля бобового компонента находилась на уровне 21,7–23,0 ц/га, сортовой специфичности при этом не было выявлено [22, с. 104–105].

Выращивание вики посевной в смеси с горчицей белой в условиях Орловской области позволяет не только получить более высокий урожай этих культур, но и значительно расширить кормовую базу пчеловодства, улучшить посещаемость посевов пчелами и получить дополнительную продукцию в виде меда [23, с. 58].

Génard T. с соавторами установлен достоверный перенос азота от люпина и клевера к рапсу, у вики перенос азота недостоверный [24]. Исследования, проведенные на Севере Франции в лизиметрических установках, показали, что дополнительного (30–60 кг/га) внесения серы для получения качественных семян озимого рапса в смешанных посевах с клевером не требуется [25]. Исследованиями Couëdel A. с соавторами показано, что многие крестоцветные культуры можно сочетать с разными бобовыми

культурами создавая агроэкосистемы с разными полезными характеристиками [26].

Проведенные в УрФАНИЦ УрО РАН исследования на укосных сортах вики показали, что для повышения урожая семян перспективно выращивать ее в смешанных посевах с рапсом яровым. Такие посева вики с рапсом позволяют снизить норму высева семян вики на 55–70 %, уменьшая полегаемость вики, повышают урожайность зерносмеси от 37,5 до 68,1 % [17, с. 78].

Таблица 1
Урожайность зерна сорта вики яровой Красноуфимская 49 в полиморфных посевах, 2017–2018 гг.

Вариант	Устойчивость к полеганию, балл	Урожайность, т/га					
		Всего	$S_{\bar{x}}$	Вика	$S_{\bar{x}}$	Рапс	$S_{\bar{x}}$
1,3 млн (контроль)	1	1,48	0,19	1,48	0,25	–	–
1,3 млн + рапс	2	2,85	0,11	2,13	0,26	0,72	0,08
0,8 млн + рапс	3	2,95	0,09	2,07	0,18	0,87	0,05
0,6 млн + рапс	4	2,77	0,23	1,91	0,32	0,86	0,09
0,4 млн + рапс	4	2,45	0,11	1,43	0,26	1,07	0,07
Рапс 1,25 млн	5	–	0,09	–	–	1,14	0,27
HCP ₀₅		0,22		0,21		0,09	

Table 1
Crop capacity of common vetch Krasnoufimskaya 49 in mixed crops, 2017–2018

Variant	Lodging resistance, point	Crop capacity, t/ha					
		Total	$S_{\bar{x}}$	Vetch	$S_{\bar{x}}$	Rapeseed	$S_{\bar{x}}$
1.3 mln (control)	1	1.48	0.19	1.48	0.25	–	–
1.3 mln + rapeseed	2	2.85	0.11	2.13	0.26	0.72	0.08
0.8 mln + rapeseed	3	2.95	0.09	2.07	0.18	0.87	0.05
0.6 mln + rapeseed	4	2.77	0.23	1.91	0.32	0.86	0.09
0.4 mln + rapeseed	4	2.45	0.11	1.43	0.26	1.07	0.07
Rapeseed 1.25 mln	5	–	0.09	–	–	1.14	0.27
LSD ₀₅		0.22		0.21		0.09	

Таблица 2
Урожайность зерна сорта вики яровой Львовская 91 в полиморфных посевах, 2017–2018 гг.

Вариант	Устойчивость к полеганию, балл	Урожайность, т/га					
		Всего	$S_{\bar{x}}$	Вика	$S_{\bar{x}}$	Рапс	$S_{\bar{x}}$
1,3 млн (контроль)	1	2,09	0,50	2,09	0,44	–	–
1,3 млн + рапс	2	3,44	0,18	2,73	0,26	0,71	0,08
0,8 млн + рапс	3	3,38	0,07	2,64	0,54	0,89	0,14
0,6 млн + рапс	4	3,47	0,11	2,45	0,55	1,02	0,13
0,4 млн + рапс	4	2,91	0,13	1,98	0,48	0,93	0,16
Рапс 1,25 млн	5	–	0,07	–	–	1,21	0,18
HCP ₀₅		0,19		0,19		0,11	

Table 2
Crop capacity of common vetch Lvovskaya 91 in mixed crops, 2017–2018

Variant	Lodging resistance, point	Crop capacity, t/ha					
		Total	$S_{\bar{x}}$	Vetch	$S_{\bar{x}}$	Rapeseed	$S_{\bar{x}}$
1.3 mln (control)	1	2.09	0.50	2.09	0.44	–	–
1.3 mln + rapeseed	2	3.44	0.18	2.73	0.26	0.71	0.08
0.8 mln + rapeseed	3	3.38	0.07	2.64	0.54	0.89	0.14
0.6 mln + rapeseed	4	3.47	0.11	2.45	0.55	1.02	0.13
0.4 mln + rapeseed	4	2.91	0.13	1.98	0.48	0.93	0.16
Rapeseed 1.25 mln	5	–	0.07	–	–	1.21	0.18
LSD ₀₅		0.22		0.21		0.09	

Для успешного возделывания вики яровой в смешанных посевах с рапсом яровым требуется разработка агротехники и подбор сортов, поскольку на территории Российской Федерации возделывается большое количество сортов, обладающих ценными биологическими и хозяйственными качествами, проявляющимися только в конкретных почвенно-климатических зонах и оказывающимися мало пригодными для других зон [27], [28].

Методология и методы исследования (Methods)

Полевые опыты проведены на темно-серой лесной тяжелосуглинистой почве с содержанием: гумуса 3,91 %, N легкогидролизуемый – 96 мг/кг, P₂O₅ – 205 мг/кг, K₂O – 82 мг/кг почвы, рН – 5,5, N_T – 5,85 ммоль/100 г почвы, S поглощенных оснований – 27,4 ммоль/100 г почвы. Учетная площадь делянки 13,5 м², повторность – трехкратная. Комплексное удобрение азофоска в дозе N₃₀P₃₀K₃₀ вносилось под предпосевную культивацию.

Проведены исследования на двух сортах вики укосного использования (Красноуфимская 49, Льговская 91) и двух зернофуражных сортах (Луговская 98, Люба). За 100 % норму высева принято 1,3 млн всхожих семян на 1 га вики. Яровой рапс (сорт Луч) высевался с нормой 1,25 млн всхожих семян на га. Посев проводился 13–15 мая. Сразу после прикапывания посевов проводилась обработка гербицидом «Алгоритм» в дозе 200 мл/га (действующее вещество – кломазон). Для борьбы с вредителями семена вики и рапса до посева обрабатывались инсектицидным протравителем, а вегетирующие растения однократно обрабатывались инсектицидом в фазу бутонизации – начала цветения рапса.

Результаты (Results)

Погодные условия 2017 и 2018 гг. существенно отличались между собой. В 2017 г. отмечены засушливые условия на фоне повышенных температур по всему вегетационному периоду, в то время как в 2018 г. в вегетационный период был недобор температур при избыточном увлажнении. Тем не менее вне зависимости от погодных условий одновидовые посева всех изучаемых сортов вики к моменту полегания полностью полегли, что существенно затрудняло их обмолот. По сорту Люба отмечалось несколько менее выраженное полегание растений, но часть растений также полностью лежала на земле.

В полиморфных посевах по всем сортам вики отмечалось снижение степени полегания растений с уменьшением нормы высева и, соответственно, доли бобового компонента в смеси. При этом степень полегания зависела и от уровня сформированного урожая бобовой культурой. Следует отметить, что полегание вики в полиморфных посевах кардинально отличается от полегания в моно-посеве. Присутствие растений рапса в двухкомпонентной смеси с викой при их полегании не позволяет растениям вики ложиться на почву. За счет пластичности стеблей рапса, между почвой и растениями остается воздушная подушка высотой от 20 до 30 см, что не приводит к загниванию бобиков вики и не затрудняет проведения комбайновой уборки урожая.

Среди укосных сортов в условиях Среднего Урала продуктивность сорта Льговская 91 была выше, чем сорта Красноуфимская 49, но оба сорта существенно повышали

урожайность при выращивании в смеси с рапсом. По сорту Красноуфимская 49 снижение нормы высева вики с 1,3 до 0,6 млн всхожих семян на один гектар не оказало существенного влияния на формирование общей урожайности зерна (2,77–2,85 т/га). Несколько снижалась (до 2,45 т/га) урожайность зерно-смеси при посеве вики с нормой 0,4 млн, но урожайность зерна вики была на уровне контроля (таблицы 1, 2).

Урожайность зерна вики у сорта Льговская 91 в полиморфных посевах была выше, чем при одновидовом посеве, на 17,2–30,6 % и находилась на уровне 2,45–2,73 т/га. Только при посеве вики с нормой 0,4 млн урожайность зерна вики снижалась, но оставалась также на уровне контроля.

По обоим сортам прослеживается динамика снижения урожайности вики и повышения урожайности рапса при понижении доли бобового компонента в полиморфных посевах, но при этом существенно возрастает общий валовой сбор зерна с гектара. Однако математическая обработка результатов исследований показывает, что посев сортов вики Красноуфимская 49 и Льговская 91 с нормой высева 1,3, 0,8 и 0,6 млн всхожих семян на гектар в смеси с рапсом приводит к формированию равноценного урожая зерна.

Оценка зернофуражных сортов вики яровой при возделывании в условиях Среднего Урала ранее не проводилась. Проведенные исследования показали существенную разницу урожайности зерна у сортов Люба и Луговская 98 при их возделывании в данном регионе.

Несмотря на увеличение урожайности бинарных посевов, урожайность зерна вики у сорта Люба при полной норме высева находилась на уровне одновидового посева, а при понижении нормы высева существенно снижалась с одновременным ростом урожайности рапса (таблицы 3, 4).

Урожайность и сортовая реакция зернофуражного сорта Луговская 98 находилась на уровне урожайности и сортовой реакции укосных сортов Красноуфимская 49 и Льговская 91. В смешанных посевах этого сорта при высеве 0,8–1,3 млн получена урожайность вики 2,21–2,23 т/га, что на 33,5–35,6 % выше, при высеве 0,4–0,6 млн – 1,83–1,99 т/га, на 9,6–19,2 % выше. Общая урожайность двухкомпонентных смесей составила от 2,83 до 3,10 т/га, что выше по сравнению с монопосевом на 1,16–1,43 т/га, или на 69,5–85,6 %.

Наиболее полное представление об эффективности смесей и причин изменений, протекающих внутри смешанного посева, дают такие показатели, как интенсивность использования земли (синоним – отношение земельных эквивалентов) – Land Equivalent Ratio (LER), коэффициент конкурентоспособности – Competitive ratio (CR) и коэффициент агрессивности – Coefficient Aggressivity (CA) [29].

Коэффициент LER используется для оценки биологической эффективности смешанных посевов. Он показывает отношение расчетной площади земли, необходимой для получения в моно-посеве того же количества урожая каждой культуры, которое сформировалось на единице площади смешанного посева. Для этого урожайность

культуры А в смешанном посеве с культурой В (Y_{ab}) делят на урожайность культуры А в чистом посеве (Y_{aa}). Отношение $Y_{ab} : Y_{aa}$ показывает, сколько потребовалось бы земли для получения урожая Y_{ab} , если бы культура А выращивалась в чистом посеве. Такое отношение вычисляют и для культуры В. Критерий LER можно рассчитать по формуле: $LER = LER_a + LER_b$, где $LER_a = Y_{ab} : Y_{aa}$, $LER_b = Y_{ba} : Y_{bb}$.

Значение LER показывает, во сколько раз больше потребовалось бы больше площади для получения такого же урожая исходных компонентов. Чем больше значение LER, тем более эффективно используется пашня [30].

Коэффициент конкурентоспособности CR является соотношением LER двух культур компонентов, но с учетом пропорций, в которых культуры были засеяны. $CR_{ab} = (LER_a : LER_b) * (Z_{ba} : Z_{ab})$, $CR_{ba} = (LER_b : LER_a) * (Z_{ab} : Z_{ba})$, где CR_{ab} – коэффициент конкурентоспособности культуры А в смеси с культурой В; CR_{ba} – коэффициент конкурентоспособности культуры В в смеси с культурой А; Z_{ab} и Z_{ba} – соотношение культур А и В в смеси, выраженное в процентах [29, с. 43].

Таблица 3
Урожайность зерна сорта вики яровой Люба в полиморфных посевах, 2017–2018 гг.

Вариант	Устойчивость к полеганию, балл	Урожайность, т/га					
		Всего	$S_{\bar{x}}$	Вика	$S_{\bar{x}}$	Рапс	$S_{\bar{x}}$
1,3 млн (контроль)	1	1,16	0,25	1,16	0,16	–	–
1,3 млн + рапс	2	2,15	0,11	1,17	0,11	0,97	0,01
0,8 млн + рапс	3	2,03	0,08	0,97	0,11	1,07	0,09
0,6 млн + рапс	4	2,19	0,26	0,98	0,20	1,21	0,17
0,4 млн + рапс	4	1,91	0,22	0,76	0,04	1,15	0,21
Рапс 1,25 млн	5	1,58	0,30	–	–	1,58	0,30
HCP ₀₅		0,18		0,12		0,11	

Table 3
Crop capacity of common vetch Lyuba in mixed crops, 2017–2018

Variant	Lodging resistance, point	Crop capacity, t/ha					
		Total	$S_{\bar{x}}$	Vetch	$S_{\bar{x}}$	Rapeseed	$S_{\bar{x}}$
1.3 mln (control)	1	1.16	0.25	1.16	0.16	–	–
1.3 mln + rapeseed	2	2.15	0.11	1.17	0.11	0.97	0.01
0.8 mln + rapeseed	3	2.03	0.08	0.97	0.11	1.07	0.09
0.6 mln + rapeseed	4	2.19	0.26	0.98	0.20	1.21	0.17
0.4 mln + rapeseed	4	1.91	0.22	0.76	0.04	1.15	0.21
Rapeseed 1.25 mln	5	1.58	0.30	–	–	1.58	0.30
LSD ₀₅		0.18		0.12		0.11	

Таблица 4
Урожайность зерна сорта вики яровой Луговская 98 в полиморфных посевах, 2017–2018 гг.

Вариант	Устойчивость к полеганию, балл	Урожайность, т/га					
		Всего	$S_{\bar{x}}$	Вика	$S_{\bar{x}}$	Рапс	$S_{\bar{x}}$
1,3 млн (контроль)	1	1,67	0,39	1,67	0,25	–	–
1,3 млн + рапс	2	2,88	0,13	2,21	0,31	0,67	0,09
0,8 млн + рапс	3	3,10	0,29	2,23	0,27	0,87	0,14
0,6 млн + рапс	4	2,83	0,18	1,99	0,26	0,84	0,17
0,4 млн + рапс	4	2,89	0,20	1,83	0,37	1,07	0,18
Рапс 1,25 млн	5	1,34	0,37	–	–	1,34	0,14
HCP ₀₅		0,18		0,21		0,15	

Table 4
Crop capacity of common vetch Lugovskaya 98 in mixed crops, 2017–2018

Variant	Lodging resistance, point	Crop capacity, t/ha					
		Total	$S_{\bar{x}}$	Vetch	$S_{\bar{x}}$	Rapeseed	$S_{\bar{x}}$
1.3 mln (control)	1	1.67	0.39	1.67	0.25	–	–
1.3 mln + rapeseed	2	2.88	0.13	2.21	0.31	0.67	0.09
0.8 mln + rapeseed	3	3.10	0.29	2.23	0.27	0.87	0.14
0.6 mln + rapeseed	4	2.83	0.18	1.99	0.26	0.84	0.17
0.4 mln + rapeseed	4	2.89	0.20	1.83	0.37	1.07	0.18
Rapeseed 1.25 mln	5	1.34	0.37	–	–	1.34	0.14
LSD ₀₅		0.18		0.21		0.15	

Оценка эффективности использования пашни (LER) показывает, что при применении полиморфных вико-рапсовых посевов продуктивность 1 га пашни значительно возрастает: в 1,9–2,16 раза по сорту Красноуфимская 49; в 1,89–2,02 раза по сорту Льговская 91; в 1,82–1,98 раза по

сорту Луговская 98; в 1,38–1,62 раза по сорту Люба. Такие результаты достигаются за счет отсутствия антагонизма растений вики и рапса в агроценозе, и, возможно, за счет наличия положительной аллелопатии растений (таблица 5).

Таблица 5

Оценка эффективности, конкурентоспособности и агрессивности культур и изменений, протекающих внутри смешанных посевов, 2017–2018 гг.

Вариант	LERab, вика	LERba, рапс	LER	CRab, вика	CRba, рапс	CAab, вика	CAba, рапс
Красноуфимская 49							
1,3 млн + рапс	1,44	0,63	2,07	2,28	0,44	1,75	-1,75
0,8 млн + рапс	1,40	0,76	2,16	2,98	0,89	2,33	-2,33
0,6 млн + рапс	1,29	0,75	2,04	3,71	1,27	2,93	-2,93
0,4 млн + рапс	0,97	0,94	1,90	3,34	3,15	2,79	-2,79
$t_{05} \times S_{\bar{x}}$	0,25	0,14	0,35	0,19	0,10	0,19	0,10
Льговская 91							
1,3 млн + рапс	1,31	0,59	1,89	2,23	0,45	1,57	-1,57
0,8 млн + рапс	1,26	0,74	2,00	2,79	0,95	2,03	-2,03
0,6 млн + рапс	1,17	0,84	2,02	3,02	1,56	2,42	-2,42
0,4 млн + рапс	0,95	0,77	1,72	4,00	2,63	2,94	-2,94
$t_{05} \times S_{\bar{x}}$	0,40	0,16	0,48	0,16	0,11	0,16	0,11
Люба							
1,3 млн + рапс	1,01	0,61	1,62	1,64	0,61	0,94	-0,94
0,8 млн + рапс	0,84	0,68	1,51	2,01	1,32	1,03	-1,03
0,6 млн + рапс	0,84	0,77	1,61	2,39	1,97	1,51	-1,51
0,4 млн + рапс	0,66	0,73	1,38	2,92	3,61	1,77	-1,77
$t_{05} \times S_{\bar{x}}$	0,14	0,09	0,29	0,11	0,06	0,11	0,06
Луговская 98							
1,3 млн + рапс	1,32	0,50	1,82	2,65	0,38	1,75	-1,75
0,8 млн + рапс	1,34	0,65	1,98	3,34	0,79	2,36	-2,36
0,6 млн + рапс	1,19	0,63	1,82	4,12	1,14	2,80	-2,80
0,4 млн + рапс	1,10	0,80	1,89	4,46	2,37	3,51	-3,51
$t_{05} \times S_{\bar{x}}$	0,13	0,09	0,10	0,07	0,06	0,07	0,06

Table 5

Estimation of efficiency, competitive ability and Agressivity culture and changing in in mixed crops, 2017–2018

Variant	LERab, vetch	LERba, rapeseed	LER	CRab, vetch	CRba, rapeseed	CAab, vetch	CAba, rapeseed
Krasnoufimskaya 49							
1.3 mln + rapeseed	1.44	0.63	2.07	2.28	0.44	1.75	-1.75
0.8 mln + rapeseed	1.40	0.76	2.16	2.98	0.89	2.33	-2.33
0.6 mln + rapeseed	1.29	0.75	2.04	3.71	1.27	2.93	-2.93
0.4 mln + rapeseed	0.97	0.94	1.90	3.34	3.15	2.79	-2.79
$t_{05} \times S_{\bar{x}}$	0.25	0.14	0.35	0.19	0.10	0.19	0.10
L'govskaya 91							
1.3 mln + rapeseed	1.31	0.59	1.89	2.23	0.45	1.57	-1.57
0.8 mln + rapeseed	1.26	0.74	2.00	2.79	0.95	2.03	-2.03
0.6 mln + rapeseed	1.17	0.84	2.02	3.02	1.56	2.42	-2.42
0.4 mln + rapeseed	0.95	0.77	1.72	4.00	2.63	2.94	-2.94
$t_{05} \times S_{\bar{x}}$	0.40	0.16	0.48	0.16	0.11	0.16	0.11
Lyuba							
1.3 mln + rapeseed	1.01	0.61	1.62	1.64	0.61	0.94	-0.94
0.8 mln + rapeseed	0.84	0.68	1.51	2.01	1.32	1.03	-1.03
0.6 mln + rapeseed	0.84	0.77	1.61	2.39	1.97	1.51	-1.51
0.4 mln + rapeseed	0.66	0.73	1.38	2.92	3.61	1.77	-1.77
$t_{05} \times S_{\bar{x}}$	0.14	0.09	0.29	0.11	0.06	0.11	0.06
Lugovskaya 98							
1.3 mln + rapeseed	1.32	0.50	1.82	2.65	0.38	1.75	-1.75
0.8 mln + rapeseed	1.34	0.65	1.98	3.34	0.79	2.36	-2.36
0.6 mln + rapeseed	1.19	0.63	1.82	4.12	1.14	2.80	-2.80
0.4 mln + rapeseed	1.10	0.80	1.89	4.46	2.37	3.51	-3.51
$t_{05} \times S_{\bar{x}}$	0.13	0.09	0.10	0.07	0.06	0.07	0.06

При посеве вики с нормой 0,6–1,3 млн всхожих семян на гектар в повышение эффективности использования пашни основной вклад вносит вика яровая (LERab) за счет ее преимущественной конкурентоспособности в агроценозе (CRab). При понижении нормы высева вики до 0,4 млн/га рост урожайности и эффективности использования пашни достигается за счет взаимодействия обеих культур (LERad + LERba) и увеличения конкурентоспособности в агроценозе каждой культуры (CRab и CRba), что, вероятно, указывает на увеличение положительной аллелопатии растений при разреженном посеве вики. Эти закономерности проявляются для всех сортов вики.

Коэффициент агрессивности СА определяют исходя из изменения урожая обеих компонентов в смеси к их ожидаемому урожаю. $CAab = Yab : (Yaa * Zab) - Yba : (Ybb * Zba)$. Чем больше числовое значение СА, тем больше разница в конкурентной способности компонентов смеси. Оба компонента будут иметь одинаковое значение СА, но знак у более агрессивного компонента смеси будет положительным [29, с. 42–43].

При анализе по четырем сортам вики динамику изменения агрессивности культуры в агроценозе с рапсом отмечается рост коэффициента агрессивности при понижении нормы высева вики. В более разреженных посевах вики в агроценозе с растениями рапса формируются благоприятные условия для обеих культур, но доминируют растения именно вики. Так, при норме высева 0,4 млн/га по сравнению с высевом 1,3 млн/га коэффициент агрессивности культуры возрастает у сорта Красноуфимская 49 в 1,59 раза (с 1,75 до 2,79), по сорту Льговская 91 – в 1,87 раза (с 1,57 до 2,94), по сорту Люба – в 1,88 раза (с 0,94 до 1,77) и по сорту Луговская 98 – в 2,0 раза (с 1,75 до 3,51).

Сумма коэффициентов биологической эффективности, конкурентоспособности и агрессивности (LER + CR + CA) по каждой культуре позволяет дать комплексную оценку фактического и ожидаемого поведения культур в агроценозе при изменении соотношения компонентов.

Оценка четырех сортов вики, обладающих различным вегетационным периодом и биологическими особенностями, показывает фактическое доминирование вики при выращивании на зерно в вико-рапсовых посевах (таблица 6).

Таблица 6
Распределение суммы коэффициентов биологической эффективности, конкурентоспособности и агрессивности в зависимости от нормы высева вики, 2017–2018 гг.

Вариант	Вика, LERab + CRab + CAab	Рапс, LERba + CRba + CAba	Вика, LERab + CRab + CAab	Рапс, LERba + CRba + CAba
	Красноуфимская 49		Льговская 91	
1,3 млн + рапс	5,47	–0,68	5,11	–0,53
0,8 млн + рапс	6,71	–0,68	6,08	–0,34
0,6 млн + рапс	7,93	–0,91	6,61	–0,02
0,4 млн + рапс	7,10	1,30	7,89	0,46
Люба		Луговская 98		
1,3 млн + рапс	3,59	0,28	5,72	–0,87
0,8 млн + рапс	3,88	0,97	7,04	–0,92
0,6 млн + рапс	4,74	1,23	8,11	–1,03
0,4 млн + рапс	5,35	1,40	9,07	–0,34

Table 6
Distribution sum of coefficient land equivalent ratio, competitive ratio, coefficient Aggressivity depending to seeding rate of common vetch

Variant	Vetch, LERab + CRab + CAab	Rapeseed, LERba + CRba + CAba	Vetch, LERab + CRab + CAab	Rapeseed, LERba + CRba + CAba
	Krasnoufimskaya 49		L'govskaya 91	
1.3 mln + rapeseed	5.47	–0.68	5.11	–0.53
0.8 mln + rapeseed	6.71	–0.68	6.08	–0.34
0.6 mln + rapeseed	7.93	–0.91	6.61	–0.02
0.4 mln + rapeseed	7.10	1.30	7.89	0.46
Lyuba		Lugovskaya 98		
1.3 mln + rapeseed	3.59	0.28	5.72	–0.87
0.8 mln + rapeseed	3.88	0.97	7.04	–0.92
0.6 mln + rapeseed	4.74	1.23	8.11	–1.03
0.4 mln + rapeseed	5.35	1.40	9.07	–0.34

Независимо от сорта наиболее неблагоприятные условия для развития рапса будут складываться в загущенных посевах, а в разреженных посевах наблюдается положительная аллелопатия развития растений рапса и вики. Таким образом, можно ожидать полегания посевов при высеве вики с нормой 1,3 млн/га и снижения урожайности зерна вики за счет роста урожайности рапса в ее разре-

женных посевах (0,4 млн/га). Исследования показали, что в вико-рапсовых смешанных посевах основным компонентом урожая будет вика.

Проведенный анализ полученного семенного материала вики яровой посевной показал, что независимо от погодных условий можно получать семена, отвечающие требованиям ГОСТ РФ 52325-2005 (таблица 7).

Таблица 7
Качество семян вики яровой в полиморфных посевах, 2017–2018 гг.

Культура, сорт, норма высева	Энергия прорастания, %	Всхожесть, %	Масса 1000 семян, г	Белок, %
Красноуфимская 49				
1,3 млн (ст.)	79	97	50,97	–
1,3 млн + рапс	73	95	52,65	–
0,8 млн + рапс	86	98	52,83	–
0,6 млн + рапс	80	97	54,09	–
0,4 млн + рапс	80	98	54,92	–
Льговская 91				
1,3 млн (ст.)	77	96	67,81	–
1,3 млн + рапс	78	97	67,05	–
0,8 млн + рапс	78	96	71,41	–
0,6 млн + рапс	80	96	69,79	–
0,4 млн + рапс	71	99	72,13	–
Люба				
1,3 млн (ст.)	49	96	55,72	31,4
1,3 млн + рапс	82	99	53,72	31,1
0,8 млн + рапс	76	98	58,69	31,2
0,6 млн + рапс	78	100	56,78	31,5
0,4 млн + рапс	66	99	57,85	31,5
Луговская 98				
1,3 млн (ст.)	78	98	64,57	29,7
1,3 млн + рапс	78	97	63,36	29,5
0,8 млн + рапс	78	98	63,34	29,9
0,6 млн + рапс	80	98	64,17	28,8
0,4 млн + рапс	80	100	64,75	28,3

Table 7
Quality of a common vetch seeds in mixed crops, 2017–2018

Cropper, variety, seed rate	Germinating energy, %	Germination, %	Weight of thousand seeds, g	Protein, %
Krasnoufimskaya 49				
1.3 mln (st.)	79	97	50.97	–
1.3 mln + rapeseed	73	95	52.65	–
0.8 mln + rapeseed	86	98	52.83	–
0.6 mln + rapeseed	80	97	54.09	–
0.4 mln + rapeseed	80	98	54.92	–
L'govskaya 91				
1.3 mln (st.)	77	96	67.81	–
1.3 mln + rapeseed	78	97	67.05	–
0.8 mln + rapeseed	78	96	71.41	–
0.6 mln + rapeseed	80	96	69.79	–
0.4 mln + rapeseed	71	99	72.13	–
Lyuba				
1.3 mln (st.)	49	96	55.72	31.4
1.3 mln + rapeseed	82	99	53.72	31.1
0.8 mln + rapeseed	76	98	58.69	31.2
0.6 mln + rapeseed	78	100	56.78	31.5
0.4 mln + rapeseed	66	99	57.85	31.5
Lugovskaya 98				
1.3 mln (st.)	78	98	64.57	29.7
1.3 mln + rapeseed	78	97	63.36	29.5
0.8 mln + rapeseed	78	98	63.34	29.9
0.6 mln + rapeseed	80	98	64.17	28.8
0.4 mln + rapeseed	80	100	64.75	28.3

Таблица 8
Коэффициент размножения по сортам вики, 2017–2018 г.

Вариант	Норма высева, кг/га	Коэффициент размножения (по зерну)	Норма высева, кг/га	Коэффициент размножения (по зерну)
	Красноуфимская 49 (M1000 = 53,21 г)		Льговская 91 (M1000 = 61,34 г)	
1,3 млн (ст.)	69,2	21	79,7	26
1,3 млн + рапс	69,2	31	79,7	34
0,8 млн + рапс	42,6	49	49,1	54
0,6 млн + рапс	31,9	60	36,8	67
0,4 млн + рапс	21,3	67	24,5	81
Люба (M1000 = 56,94 г)		Луговская 98 (M1000 = 62,28 г)		
1,3 млн, ст.	74,0	16	81,0	21
1,3 млн + рапс	74,0	16	81,0	27
0,8 млн + рапс	45,5	21	49,8	45
0,6 млн + рапс	34,2	29	37,4	53
0,4 млн + рапс	22,8	33	24,9	73

Table 8
Multiplication factor according to common vetch varieties, 2017–2018

Variant	Seed rate, kg/ha	Multiplication factor (grain)	Seed rate, kg/ha	Multiplication factor (grain)
	Krasnoufimskaya 49 (WTS = 53.21 g)		L'govskaya 91 (WTS = 61.34 g)	
1.3 mln (st.)	69.2	21	79.7	26
1.3 mln + rapeseed	69.2	31	79.7	34
0.8 mln + rapeseed	42.6	49	49.1	54
0.6 mln + rapeseed	31.9	60	36.8	67
0.4 mln + rapeseed	21.3	67	24.5	81
Lyuba (WTS = 56.94 g)		Lugovskaya 98 (WTS = 62.28 g)		
1.3 mln (st.)	74.0	16	81.0	21
1.3 mln + rapeseed	74.0	16	81.0	27
0.8 mln + rapeseed	45.5	21	49.8	45
0.6 mln + rapeseed	34.2	29	37.4	53
0.4 mln + rapeseed	22.8	33	24.9	73

По сравнению с одновидовым посевом вики в двухкомпонентных смесях отмечается тенденция повышения энергии прорастания, всхожести и массы семян без изменения содержания белка в зерне вики (сорт Люба) или некотором его понижении при применении минимальных нормах высева (сорт Луговская 98).

Полученные результаты показывают, что по сравнению с одновидовым посевом в полиморфных посевах существенно возрастает коэффициент размножения семян, который при высеве вики 0,4 млн семян на 1 га достигает от 33 (сорт Люба) до 67 (Красноуфимская 49), 73 (Луговская 98) и 81 (Льговская 91). Этот показатель выше контрольного варианта в 2,1, 3,2, 3,5 и 3,1 раза соответственно (таблица 8).

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Возделывание вико-рапсовых агроценозов может стать доступным и дешевым способом производства фуражного зерна и семян вики. Предлагаемая технология в условиях Свердловской области позволяет стабильно получать семена и фуражное зерно вики с содержанием белка в зерне на уровне 27,5–29,4 % в прохладные влажные годы (2018 г.) и 29,9–31,6 % при благоприятных для культуры погодных условиях (2017 г.). При этом продуктивность

1 га пашни возрастает в 1,5–2,0 раза, значительно ускоряется процесс семеноводства.

Возделывание зернофуражных сортов вики с высоким, превышающим горох, содержанием белка в зерне может стать существенной опорой в производстве кормового белка в Свердловской области и других регионах.

Внедрение данной технологии проводится с 2017 г. в ООО «БМК» Богдановичского района, где с площади 59 га при посеве 1 мая вико-рапсовой смеси (сорт вики Льговская 91) получена урожайность 2,7 т/га, в том числе вики 2,1 т/га. Произведено 119 т кондиционных семян вики. Посевы 2018 г. сформировали урожайность 2,5 т/га (2,0 т/га вики). В 2019 г. получена урожайность 1,50 т/га (1,1 т/га вики). Снижение урожайности в 2019 г. было обусловлено нарушением технологии – посев проведен во второй половине мая по весновспашке.

Благодарности (Acknowledgements)

Исследования выполнены в УрФАНИЦ УрО РАН в рамках Государственного задания ФАНО России по направлению 151 и программы ФНИ государственных академий наук по теме «Теория и принципы разработки и формирования технологий возделывания экономически значимых сельскохозяйственных культур в целях конструирования высокопродуктивных агрофитоценозов и агроэкосистем».

Библиографический список

1. Косолапов В. М., Трофимов И. А. Роль кормовых зернобобовых культур в укреплении кормовой базы животноводства // Зернобобовые и крупяные культуры. 2012. № 1. С. 98–101.
2. Гаганов А. П., Зверкова З. Н. Кормовая ценность вики и ее использование в рационах животных и птицы // Главный зоотехник. – 2018. – № 3. – С. 33–40.
3. Кудрявцев А. Н. Экологическое сортоиспытание вики посевной в условиях Орловской области // Зернобобовые и крупяные культуры. 2014. № 3 (11). С. 45–47.
4. Запарнюк В. И. Кормовая продуктивность зерна вики посевной // Зернобобовые и крупяные культуры. 2016. № 1 (17). С. 57–63.
5. Теличко О. Н. Оценка сортов вики яровой на семенную и кормовую продуктивность в условиях Приморского края // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2016. № 2 (136). С. 22–27.
6. Теличко О. Н. Биохимический состав зеленой массы вики посевной // Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования: материалы II Международной научно-практической интернет-конференции ФГБНУ «Прикаспийский НИИ аридного земледелия». Солоное Займище, 2017. С. 546–549.
7. Тошкина Е. А., Амбарцумова К. А., Тошкина А. А. Экономическое обоснование смешанных агрофитоценозов вики посевной с разными компонентами в условиях Новгородской области // Наука, бизнес, власть – триада регионального развития: сборник статей по материалам III Международной научно-практической конференции. Великий Новгород, 2018. С. 151–154.
8. Амбарцумова К. А., Тошкина Е. А. Однолетние бобовые культуры в смешанных посевах в условиях Новгородского региона // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2018. № 72. С. 25–27. DOI: 10.21515/1999-1703-72-25-27.
9. Дробышев А. П., Олешко В. П., Усенко В. И., Шукис Е. Р., Пугач Д. А. Основные направления интенсификации технологий производства кормовых культур в условиях Алтайского края // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2019. № 8 (178). С. 5–14.
10. Фицев А. И., Воронкова В. Ф., Коровина Л. М. Качество протеина и содержание антипитательных веществ в зерне различных сортов вики яровой // Доклады РАСХН. 2003. № 1. С. 18–20.
11. Тюрин Ю. С., Косолапов В. М. Зернофуражные сорта вики посевной – дополнительный источник кормового белка // Адаптивное кормопроизводство. 2013. № 12. С. 23–24.
12. Золотарев В. Н. Перспективы использования в кормлении зернофуражной вики посевной (*Vicia sativa* L.) и особенности возделывания на семена в гетерогенных // Современные научно-практические решения в области кормопроизводства: сборник трудов Всероссийской конференции ФГБНУ «Научно-исследовательский институт биомедицинской химии им. В. Н. Ореховича» (ИБМХ). Москва, 2018. С. 33–35.
13. Тюрин Ю. С., Золотарев В. Н., Косолапов В. М. Основные направления селекции и новые сорта вики посевной // Кормопроизводство. 2013. № 2. С. 26–27.
14. Косолапов В. М., Гаганов А. П., Зверкова З. Н., Винжега Л. Н. Эффективность использования вики в рационах цыплят-бройлеров // Зернобобовые и крупяные культуры. 2014. № 2 (10). С. 100–104.
15. Тюрин Ю. С., Косолапов В. М., Гаганов А. П. Перспективы селекции вики посевной на зерно // Зернобобовые и крупяные культуры. 2016. № 2 (18). С. 103–105.
16. Симонова Е. А., Меднов А. В., Гончаров А. В., Матвеев К. А. Урожайность яровой вики в смешанном посеве // Знания молодых: Наука, практика и инновации: сборник научных трудов XVII Международной научно-практической конференции аспирантов и молодых ученых. Киров, 2018. С. 71–73.
17. Безгодов А. В., Ахметханов В. Ф., Аплаева А. Д. Способ выращивания вики посевной на зерно в бинарных посевах с яровым рапсом и горчицей белой // Зернобобовые и крупяные культуры. 2017. № 2 (22). С. 73–79.
18. Елисеев С. Л. Энергетическая и экономическая эффективность приемов выращивания вики посевной на семена // Пермский аграрный вестник. 2015. № 3 (11). С. 3–8.
19. Серегин М. В. Использование приемов посева в регулировании конкуренции при возделывании вики посевной на зерно // Центральный научный вестник. 2018. Т. 3. № 19 (60). С. 25–26.
20. Гребенников А. М. Повышение эффективности использования почвенных ресурсов сельскохозяйственных земель при восстановлении агрофизических свойств почв сидерацией смешанными агрообобществами // ACADEMY. Олимп, 2020. Т. 1. № 52. С. 21–26. DOI: 10.24411/2412-8236-2020-10102.
21. Несмеянова М. А., Коротких Е. В., Дедов А. В. Органическое вещество почвы и его качество в севоборотах с биологической направленностью // Агропромышленные технологии Центральной России. 2017. Т. 1. № 3. С. 52–61.
22. Лукашевич Н. П., Коваль И. М., Шлома Т. М., Ковалева И. В., Петрович А. С. Повышение технологичности посевов зернобобовых культур // Ученые записки учреждения образования Витебская ордена Знак почета государственная академия ветеринарной медицины. 2018. Т. 54. № 2. С. 102–106.
23. Донская М. В., Велкова Н. И., Наумкин В. П. Оценка морфобиологических признаков и урожайности совместных посевов вики посевной с горчицей белой // Зернобобовые и крупяные культуры. 2018. № 3 (27). С. 58–63. DOI: 10.24411/2309-348X-2018-11033.

24. Génard T., et al. Nitrogen transfer from *Lupinus albus* L., *Trifolium incarnatum* L. and *Vicia sativa* L. contribute differently to rapeseed (*Brassica napus* L.) nitrogen nutrition // *Heliyon*. Elsevier Ltd. 2016. Vol. 2. No. 9. Pp. 1–15. DOI: 10.1016/j.heliyon.2016.e00150.
25. Génard T., et al. Impact of sulfur applications on the agronomic performance of rapeseed–clover mixtures // *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 2017. Vol. 180. No. 6. Pp. 676–682. DOI: 10.1002/jpln.201700153.
26. Couëdel A., Alletto L., Justes É. Crucifer-legume cover crop mixtures provide effective sulphate catch crop and sulphur green manure services // *Plant and Soil*. 2018. Vol. 426. No. 1–2. Pp. 61–76. DOI: 10.1007/s11104-018-3615-8.
27. Толстой К. П. Агротехника вики в Иркутской области. Иркутск: Иркутское книжное издательство, 1958. 28 с.
28. Козак М. П. О семеноводстве яровой вики. Свердловск, 1957. 12 с.
29. Ламан Н. А., Самсонов В. П., Прохоров В. Н. Методическое руководство по исследованию смешанных агрофитоценозов. Минск: Наука і тэхніка, 1996. 101 с.
30. Li L., Zhang L., Zhang F. Crop Mixtures and the Mechanisms of Overyielding. *Encycl. Biodivers.* 2nd ed. 2013. T. 2. Pp. 382–395. DOI: 10.1016/j.fcr.2008.10.007.

Об авторах:

Андрей Викторович Безгодов¹, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела селекции и семеноводства озимых и яровых зерновых культур, ORCID 0000-0001-6969-6817, AuthorID 885801; +7 922 116-36-35, spagro@list.ru

Константин Артурович Галимов¹, старший научный сотрудник отдела селекции и семеноводства озимых и яровых зерновых культур, ORCID 0000-0002-1527-4659, AuthorID 627059

Вадим Фаритович Ахметханов¹, младший научный сотрудник отдела селекции и семеноводства озимых и яровых зерновых культур, ORCID 0000-0003-4609-8069, AuthorID 886531

¹ Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия

Biological efficiency and competitive ability of spring vetch when growing from a mixture with rapeseed for seeds and grain fodder

A. V. Bezgodov¹✉, K. A. Galimov¹, V. F. Akhmetkhanov¹

¹ Ural Federal Agrarian Scientific Research Centre, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

✉E-mail: spagro@list.ru

Abstract. The purpose of the research is to study the influence of the method of growing mowed and grain-fed varieties of spring vetch in mixed crops with spring rape on the seed yield, yield structure, and seed sowing qualities. **Method of research.** Formulation of field experience and generalization of research results were performed in accordance with the methods of experimental work. Indicators that characterize the biological efficiency, competitiveness and aggressiveness of crops are considered. **Results.** Sowing of spring vetch with a seeding rate of 1.3, 0.8, 0.6 and 0.4 million germinating seeds per hectare in a mixture with rapeseed leads to the formation of a grain crop that significantly exceeds the yield for single-species sowing of vetches. Evaluation of the efficiency of arable land use (LER) shows that when using Vetch-rapeseed crops, the productivity of 1 ha of arable land increases significantly: by 1.9–2.16 times for the Krasnoufimskaya 49 variety; 1.89–2.02 times for the L'govskaya 91 variety; 1.82–1.98 times for the Lugovskaya 98 variety; 1.38–1.62 times for the Lyuba variety. The efficiency of arable land use is achieved due to the total interaction of both crops and their increased competitiveness in the agro-cenosis. When the seeding rate is 0.4 million per ha, compared with the seeding rate of 1.3 million per ha, the vetch aggressiveness coefficient, depending on the variety, increases by 1.59–2.0 times. **Scientific novelty.** In the conditions of the Middle Urals, high efficiency of vetch cultivation in mixed crops with rapeseed was revealed, and the influence of changes in the seeding rate on the yield and sowing qualities of vetch seeds was established.

Keywords: common vetch, rape, intercropping, seed growing, lodging resistance, yield, allelopathy, land equivalent ratio, competitive ratio, coefficient aggressivity.

For citation: Bezgodov A. V., Galimov K. A., Akhmetkhanov V. F. Biologicheskaya effektivnost' i konkurentnaya sposobnost' viki posevnoy yarovoy pri vyrashchivanii v smesi s rapsom na semena i zernofurazh [Biological efficiency and competitive ability of spring vetch when growing from a mixture with rapeseed for seeds and grain fodder] // *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2020. No. 12 (203). Pp. 2–14. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-203-12-2-14. (In Russian.)

Paper submitted: 20.02.2020.

References

1. Kosolapov V. M., Trofimov I. A. Rol' kormovykh zernobobovykh kul'tur v ukreplenii kormovoy bazy zhivotnovodstva [The Role of forage leguminous crops in strengthening the fodder base of animal husbandry] // Legumes and grain crops. 2012. No. 1. Pp. 98–101. (In Russian.)
2. Gaganov A. P., Zverkova Z. N. Kormovaya tsennost' viki i ee ispol'zovanie v ratsionakh zhivotnykh i ptitsy [The feeding value of vetch and its use in the rations of animals and birds] // Glavnyy zootekhnik. 2018. No. 3. Pp. 33–40. (In Russian.)
3. Kudryavtsev A. N. Ekologicheskoye sortoispytaniye viki posevnoy v usloviyakh Orlovskoy oblasti [Ecological varietal testing of sowing vetches in the conditions of the Oryol region] // Legumes and grain crops. 2014. No. 3 (11). Pp. 45–47. (In Russian.)
4. Zaparnyuk V. I. Kormovaya produktivnost' zerna viki posevnoy [Forage productivity of vetch seed] // Legumes and grain crops. 2016. No. 1 (17). Pp. 57–63. (In Russian.)
5. Telichko O. N. Otsenka sortov viki yarovoy na semennuyu i kormovuyu produktivnost' v usloviyakh Primorskogo kraya // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2016. No. 2 (136). Pp. 22–27. (In Russian.)
6. Telichko O. N. Biokhimicheskiy sostav zelenoy massy viki posevnoy [Biochemical content of green mature of common vetch] // Sovremennoye ekologicheskoye sostoyaniye prirodnoy sredy i nauchno-prakticheskiye aspekty ratsional'nogo prirodopol'zovaniya: materialy II Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy internet-konferentsii FGBNU "Prikaspiyskiy NII aridnogo zemledeliya". 2017. Pp. 546–549. (In Russian.)
7. Toshkina E. A., Ambartsumova K. A., Toshkina A. A. Ekonomicheskoye obosnovaniye smeshannykh agrofytotsenozov viki posevnoy s raznymi komponentami v usloviyakh Novgorodskoy oblasti [Economic substantiation of mixed agrophytocenoses of vetch with different components in the Novgorod region] // Nauka, biznes, vlast' – triada regional'nogo razvitiya: sbornik statey po materialam III Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Velikiy Novgorod, 2018. Pp. 151–154. (In Russian.)
8. Ambartsumova K. A., Toshkina E. A. Odnoletnie bobovyye kul'tury v smeshannykh posevakh v usloviyakh Novgorodskogo regiona [Annual legumes in mixed crops in the conditions of the Novgorod Region] // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. 2018. No. 72. Pp. 25–27. DOI: 10.21515/1999-1703-72-25-27. (In Russian.)
9. Drobyshev A. P., Oleshko V. P., Usenko V. I., Shukis E. R., Pugach D. A. Osnovnyye napravleniya intensivifikatsii tekhnologii proizvodstva kormovykh kul'tur v usloviyakh Altayskogo kraya [The main directions of intensification of forage crop production technologies under the conditions of the Altai region] // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019. No. 8 (178). Pp. 5–14. (In Russian.)
10. Fitsev A. I., Voronkova V. F., Korovina L. M. Kachestvo proteina i sodержaniye antipitatel'nykh veshchestv v zerne razlichnykh sortov viki yarovoy [The quality of protein and the content of anti-nutritional substances in the grain of various varieties of spring vetch] // Doklady Rossiyskoy akademii sel'skokhozyaystvennykh nauk. 2003. No. 1. Pp. 18–20. (In Russian.)
11. Tyurin Yu. S., Kosolapov V. M. Zernofurazhnyye sorta viki posevnoy – dopolnitel'nyy istochnik kormovogo belka [Grain fodder varieties of vetch seeding – an additional source of feed protein] // Adaptive feed production. 2013. No. 12. Pp. 23–24. (In Russian.)
12. Zolotarev V. N. Perspektivy ispol'zovaniya v kormlenii zernofurazhnoy viki posevnoy (*Vicia sativa* L.) i osobennosti vozdeylvaniya na semena v geterogennykh [Prospects for the use of grain-fodder vetch (*Vicia sativa* L.) in feeding and the peculiarities of cultivation for seeds in heterogeneous] // Sovremennyye nauchno-prakticheskiye resheniya v oblasti kormoproizvodstva: sbornik trudov Vserossiyskoy konferentsii FGBNU "Nauchno-issledovatel'skiy institut biomeditsinskoy khimii im. V. N. Orekhovicha" (IBMKh). Moskva, 2018. Pp. 33–35.
13. Tyurin Yu. S., Zolotaryov V. N., Kosolapov V. M. Osnovnyye napravleniya selektsii i novyye sorta viki posevnoy (Main directions of selection and new varieties of vetch seed) // Fodder Production. 2013. No. 2. Pp. 26–27. (In Russian.)
14. Kosolapov V. M., Gaganov A. P., Zverkova Z. N., Vingage L. N. Effektivnost' ispol'zovaniya viki v ratsionakh tsyplyat-broylerov [The effectiveness of using a vetch in the diets of broiler chickens] // Legumes and grain crops. 2014. No. 2 (10). Pp. 100–104. (In Russian.)
15. Tyurin Yu. S., Kosolapov V. M., Gaganov A. P. Perspektivy selektsii viki posevnoy na zerno [Prospects of selection of seed vetches for grain] // Legumes and grain crops. 2016. No. 2 (18). Pp. 103–105. (In Russian.)
16. Simonova E. A., Mednov A. V., Goncharov A. V., Matveenko A. K. Urozhaynost' yarovoyviki v smeshannomposeve [Yield of spring vetch in mixed sowing] // The collection contains young people's knowledge: Science, practice and innovation: collection of scientific papers of the XVII International scientific and practical conference of postgraduates and young scientists. 2018. Pp. 71–73. (In Russian.)
17. Bezgodov A. V., Akhmetkhanov V. F., Aplaeva A. D. Sposob vyrashchivaniya viki posevnoy na zerno v binarnykh posevakh s yarovym rapsom i gorchitseyy beloy [Method of growing vetch for grain in binary crops with spring rape and white mustard] // Legumes and grain crops. 2017. No. 2 (22). Pp. 73–79. (In Russian.)
18. Eliseyev S. L. Energeticheskaya i ekonomicheskaya effektivnost' priyemov vyrashchivaniya viki posevnoy na semena [Energy and economic efficiency of methods of growing vetch sown for seeds] // Perm agrarian journal. 2015. No. 3 (11). Pp. 3–8. (In Russian.)
19. Seregin M. V. Ispol'zovanie priemov poseva v regulirovaniy konkurentsii pri vozdeylvanii viki posevnoy na zerno [Use of crop receptions in the regulation of competition in the growing of *vicia sativa* on grain] // Tsentral'nyy nauchnyy vestnik. 2018. T. 3. No. 19 (60). Pp. 25–26. (In Russian.)

20. Grebennikov A. M. Povyshenie effektivnosti ispol'zovaniya pochvennykh resursov sel'skokhozyaystvennykh zemel' pri vosstanovlenii agrofizicheskikh svoystv pochv sideratsiyey smeshannymi agrosoobshchestvami [Improved efficient utilization of soil resource of agricultural lands in the repair of the agrophysical properties of soils by green manuring mixed agrocommunities] // ACADEMY. Olimp, 2020. Vol. 1. No. 52. Pp. 21–26. DOI: 10.24411/2412-8236-2020-10102. (In Russian.)
21. Nesmeyanova M. A., Korotkikh E. V., Dedov A. V. Organicheskoe veshchestvo pochvy i ego kachestvo v sevorotakh s biologicheskoy napravlennoy [Soil organic matter and its quality in crop rotation with biological direction] // Agro-Industrial Technologies of Central Russia. 2017. Vol. 1. No. 3. Pp. 52–61. (In Russian.)
22. Lukashevich N. P., Koval' I. M., Shloma T. M., Kovaleva I. V., Petrovich A. S. Povyshenie tekhnologichnosti posevov zernobobovykh kul'tur [Increasing of technological efficiency of grain crops] // Uchenye zapiski uchrezhdeniya obrazovaniya Vitebskaya ordena Znak pocheta gosudarstvennaya akademiya veterinarnoy meditsiny. 2018. T. 54. No. 2. Pp. 102–106. (In Russian.)
23. Donskaya M. V., Velkova N. I., Naumkin V.P. Otsenka morfobiologicheskikh priznakov i urozhaynosti sovmestnykh posevov viki posevnoy s gorchitsej beloy [Evaluation of morphobiologic characteristics and yield of joint common vetch sowing with white mustard] // Legumes and groat crops. 2018. No. 3 (27). Pp. 58–63. DOI: 10.24411/2309-348X-2018-11033. (In Russian.)
24. Génard T., et al. Nitrogen transfer from *Lupinus albus* L., *Trifolium incarnatum* L. and *Vicia sativa* L. contribute differently to rapeseed (*Brassica napus* L.) nitrogen nutrition // *Heliyon*. Elsevier Ltd. 2016. Vol. 2. No. 9. Pp. 1–15. DOI: 10.1016/j.heliyon.2016.e00150.
25. Génard T., et al. Impact of sulfur applications on the agronomic performance of rapeseed–clover mixtures // *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 2017. Vol. 180. No. 6. Pp. 676–682. DOI: 10.1002/jpln.201700153.
26. Couëdel A., Alletto L., Justes É. Crucifer-legume cover crop mixtures provide effective sulphate catch crop and sulphur green manure services // *Plant and Soil*. 2018. Vol. 426. No. 1–2. Pp. 61–76. DOI: 10.1007/s11104-018-3615-8.
27. Tolstoy K. P. Agrotekhnika viki v Irkutskoy oblasti [Agrotechnika vetch in the Irkutsk region]. Irkutsk: Irkutskoe knizhnoe izdatel'stvo, 1958. 28 p. (In Russian.)
28. Kozak M. P. O semenovodstve yarovoy viki [About seed production of spring viki]. Sverdlovsk, 1957. 12 p. (In Russian.)
29. Laman N. A., Samsonov V. P., Prokhorov V. N. Metodicheskoye rukovodstvo po issledovaniyu smeshannykh agrofytotsenozov [Methodological guide to the study of mixed agrophytocenoses]. Minsk: Navuka i tehnika, 1996. 101 p. (In Russian.)
30. Li L., Zhang L., Zhang F. Crop Mixtures and the Mechanisms of Overyielding. *Enycl. Biodivers.* 2nd ed. 2013. T. 2. Pp. 382–395. DOI: 10.1016/j.fcr.2008.10.007.

Authors' information:

Andrey V. Bezgodov¹, candidate of agricultural sciences, leading researcher of the department of selection and seed production of winter and spring crops, ORCID 0000-0001-6969-6817, AuthorID 885801; +7 922 116-36-35, spagro@list.ru

Konstantin A. Galimov¹, senior researcher of the department of selection and seed production of winter and spring crops, ORCID 0000-0002-1527-4659, AuthorID 627059

Vadim F. Akhmetkhanov¹, junior researcher of the department of selection and seed production of winter and spring crops, ORCID 0000-0003-4609-8069, AuthorID 886531

¹Ural Federal Agrarian Scientific Research Centre of Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia