

Кормопроизводство, кормовые добавки

УДК 633.352.1:631.53.04

doi: 10.15389/agrobiology.2016.2.194rus

АГРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ВИКИ ПОСЕВНОЙ (*Vicia sativa* L.) НА СЕМЕНА В ГЕТЕРОГЕННЫХ АГРОЦЕНОЗАХ В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОГО НЕЧЕРНОЗЕМЬЯ РОССИИ

В.Н. ЗОЛОТАРЕВ

В России вика посевная (*Vicia sativa* L.) возделывается достаточно широко. В связи с этим ее сорта, имея разное районирование, характеризуются значительным полиморфизмом признаков и индивидуальными адаптивными реакциями на условия среды и применяемую агротехнику. В последнее время в отечественной селекции вики развивается новое направление — выведение сортов зернофуражного назначения. С 2002 года в Государственном реестре селекционных достижений, допущенных к использованию, зарегистрирован первый такой сорт — Луговская 98. Он существенно отличается по хозяйственно полезным и биологическим признакам от сортов, используемых для выращивания на зеленую массу. В частности, в семенах сорта Луговская 98 отсутствует синильная кислота (основной антипитательный фактор) и снижено содержание ингибиторов трипсина, что позволяет без дополнительной обработки использовать зерно этой бобовой культуры как белковый компонент комбикормов. Вследствие специфики архитектоники, а также особенностей биологии роста в условиях умеренного климата вика посевная в одновидовых ценозах сильно полегает, что предполагает необходимость ее возделывания совместно с поддерживающими растениями. Для конкретных почвенно-климатических условий требуется индивидуальный подбор комбинированного вида опорных культур и густоты их посева. Мы сравнили семенную продуктивность сорта Луговская 98 в бинарных агроценозах при разной плотности посева поддерживающих культур и вики посевной, что позволило впервые выявить пары с наибольшей комбинентарностью и определить оптимальные соотношения густоты их травостоя, обеспечивающие наибольший урожай и высокое качество семян бобового компонента. Установлено, что взаимное влияние растений основной и сопутствующих культур начинается уже на ранних этапах онтогенеза растений. При более высоких нормах высева овса (*Avena sativa* L.) гибель всходов вики возрастала до 7-9 %, тогда как в одновидовом ценозе она не превышала 3-4 %. В гетерогенных посевах с горчицей белой (*Sinapis alba* L.) всходы бобового компонента также подавлялись (на 6-7 %). Фацелия пижмолистная (*Phacelia tanacetifolia* Benth.) не уменьшала густоту всходов и не подавляла рост и развитие ювенильных растений вики. В целом наиболее благоприятные условия развития генеративных органов вики складывались в ее посевах с горчицей и овсом при уменьшенных нормах высева последних (соответственно до 1,00-2,00 и 1,50-2,25 млн шт/га). В таких ценозах число бобов у вики в среднем достигало 8,8-9,1 шт. на 1 растение, или 714-758 шт/м². С увеличением норм высева опорных культур число бобов снижалось на 7-12 %. Максимальная биологическая урожайность семян вики (283,6 г/м²) формировалась в смесях с горчицей белой при норме высева последней 1,50 млн шт/га, а также фацелией и овсом (260,5-267,5 г/м²) при самых низких нормах их высева. Полнота сбора и посевные качества семян вики посевной зависят от степени полегания. В ее одновидовом посеве этот показатель перед уборкой составлял 74 %, в смешанном агроценозе с овсом — 22-42 % (в зависимости от норм высева злака), с горчицей — 37-45 %, с фацелией — 54-56 %. Наибольшие фактические сборы семян вики (1,51-1,57 т/га) получили при использовании двух опорных культур — горчицы белой или овса с нормами их высева соответственно 1,50 и 3,00 млн шт/га. При избыточных осадках в период вегетации вследствие меньшего полегания наиболее полный сбор урожая семян обеспечило сочетание вики с овсом, в годы с меньшей влагообеспеченностью продуктивнее были вико-горчичные смеси. По результатам оценки всхожести (93-96 %) и энергии прорастания (77-83 %), наиболее качественные семена вики получили в гетерогенных агроценозах с горчицей и овсом. Семена с полеглого одновидового посева характеризовались достоверно меньшей всхожестью (85 % при значении НСР₀₅ 3,4) и энергией прорастания (65 %, НСР₀₅ 5,0).

Ключевые слова: вика посевная (*Vicia sativa* L.), смешанные посевы, опорные культуры, нормы высева, урожайность, семена, посевные качества.

Вика посевная (яровая) (*Vicia sativa* L.) имеет длинный, тонкий, легко полегающий стебель. Специфика архитектоники и особенности биологии роста вики посевной обуславливают необходимость ее возделывания совместно с поддерживающими культурами. Выбор сопутствующей

культуры и ее доля в посеве с викой определяются конкурентоспособностью видов и сортов, почвенно-климатическими условиями, назначением травостоя. За рубежом вику посевную возделывают с зерновыми злаковыми культурами. Наиболее распространены смеси с овсом (*Avena sativa* L.) (1-6). При этом соотношение компонентов в смеси существенно варьирует: от 25 % (овес) + 75 % (вика) (6) до 75 % (овес) + 25 % (вика) (4). Прослеживается тенденция: чем суше климат, тем больше доля вики в смеси. Также практикуются совместные посевы вики с ячменем (*Hordeum vulgare* L.), пшеницей (*Triticum aestivum* L.), тритикале (*Triticosecale* Wittm. ex A. Camus) (1, 7-9).

В России разработаны региональные технологии возделывания вики посевной на семена в совместных посевах с разными культурами: яровыми зерновыми — овсом, ячменем, тритикале, пшеницей; капустными — горчицей белой (*Sinapis alba* L.), рапсом (*Brassica napus* var. *napus*); зернобобовыми — бобами кормовыми (*Vicia faba* L.), люпином узколистным (*Lupinus angustifolius* L.), горохом (*Pisum sativum* L.) (10-12). В производственных условиях вика посевная в основном возделывается в смеси с овсом (рекомендуемая норма высева всхожих семян для условий Центрального Нечерноземья — 3,7-4,5 млн шт/га) (12). Преимущество овса в качестве опорной культуры перед другими зерновыми связано, в частности, с тем, что применение сортировальных машин для разделения семян вики, ячменя и пшеницы затруднено из-за их близких биометрических параметров (13).

Главная задача использования смешанных агрофитоценозов вики семенного назначения с опорными культурами — регулирование формирования урожая и создание травостоя, пригодного для качественной механизированной уборки, что требует изучения основ функционирования таких ценозов. В свою очередь, состояние смешанных ценозов определяется количественным соотношением их компонентов с учетом агробиологических, агроценотических свойств, технологических и сортовых характеристик используемых культур.

В связи с широким ареалом вики посевной (возделывается во всех 12 сельскохозяйственных регионах России) и обусловленной этим гетерогенностью генотипов ее сорта характеризуются значительным полиморфизмом признаков и индивидуальными реакциями на биотические и абиотические факторы, включая агротехнику, а также неодинаковой пластичностью и гомеостатичностью в разные (в том числе экстремальные) по метеорологическим условиям годы (10, 14-17). Отмечается, что генотипы вики адаптированы к месту выведения, различаются по урожайности, причем реализация их потенциала зависит от условий выращивания (18-22). Причина заключается в том, что в результате направленного отбора определенного фенотипа изменчивость генотипов у культивируемых видов сужена и адаптирована к условиям выведения сорта (23).

В настоящее время в России, наряду с традиционной селекцией вики посевной (создание сортов для выращивания на зеленую массу), развивается такое направление, как получение специализированных сортов для зернофуражного использования с высокой урожайностью, повышенным содержанием протеина в зерне и отсутствием или малым содержанием антипитательных веществ (24). Так, сорт Луговская 98 (создан во Всероссийском НИИ кормов) с 2002 года впервые зарегистрирован как зернофуражный. У этого сорта в семенах отсутствует синильная кислота, а трипсинингибирующая активность составляет всего 24-40 мг/100 г сухого вещества, что в несколько раз меньше ПДК. Семена характеризуются хорошим качеством: содержание протеина составляет 31,8 %, биологическая цен-

ность белка — 59,4 % (24, 25). Сорт Луговская 98 выведен методом гибридизации и обладает существенные морфобиологическими особенностями и хозяйственно полезными признаками, отличающими его от выращиваемых на зеленую массу. В частности, у растений изменена архитектоника (формирование генеративных органов в верхней части стеблей со сближенными фертильными узлами), они характеризуются интенсивным ростом и засухоустойчивостью до цветения, повышенной конкурентоспособностью в смешанных посевах, имеют более крупные семена (масса 1000 шт. — 80 г и более) (13, 24). Все это требует обоснования специальной сортовой агротехники возделывания.

Нами впервые изучены биологические особенности развития растений и формирования структуры семенного травостоя у сорта Луговская 98 вики посевной зернофуражного назначения в двувидовых ценозах при разном обилии опорного компонента. В экологических условиях Центрального Нечерноземья определены наиболее комплементарные поддерживающие культуры для вики и оптимальное соотношение основной и поддерживающей культур в посеве, обеспечивающее наибольшую урожайность семян. Целесообразность использования определенного вида опорных культур мы оценивали на основе агрофитоценотического подхода (изучение особенностей развития растений как структурного элемента гетерогенного агрофитоценоза и конкурентных взаимоотношений растений в агроценозе, определение эдификаторной способности опорной культуры по количественным характеристикам компонентов ценоза, элементам структуры и величине урожая у бобового компонента).

Цель выполненного исследования заключалась в определении влияния густоты посева поддерживающих культур и зернофуражного сорта вики посевной на развитие растений, урожайность и качество семян у основной культуры бинарного агроценоза.

Методика. Опыт закладывался на поле Всероссийского НИИ кормов в 2006-2012 годах. В качестве опорных культур для вики посевной сорта Луговская 98 использовали овес (сорт Скакун) горчицу белую (сорт Луговская) и фацелии пижмолистной (*Phacelia tanacetifolia* Benth.) (сорт Рязанская) при разных нормах высева. Технология возделывания вики в опытах — рекомендуемая для Центрального региона в смешанных посевах, норма высева — 1,3 млн всхожих семян на 1 га (12). Способ посева всех изучаемых культур — обычный рядовой. Семена вики перед посевом инокулировали специфичным штаммом клубеньковых бактерий (*Rhizobium leguminosarum* bv. *viceae*, штамм 145, препаративная форма — ризоторфин).

Урожай семян учитывали после прямого обмолота всей учетной площади делянки комбайнами Sampo 130 («Sampo Rosenlew Ltd.», Финляндия) (2006-2009 годы) и Classik («Wintersteiger AG», Австрия) (2010 и 2012 годы). Учеты и наблюдения осуществляли согласно установленным «Методическим указаниям по проведению полевых исследований с кормовыми культурами» (М., 1997). Изучали фенологию культур, полноту всходов, динамику роста растений, высоту травостоя, полегание, определяли количественные показатели отдельных компонентов структуры урожая, биологическую урожайность, посевные качества семян. Учетная площадь одной опытной делянки составляла 25 м², повторность 4-кратная, размещение рендомизированное.

Статистическую обработку экспериментальных данных проводили методом дисперсионного анализа (26).

Результаты. Совместимость сортов вики с разными зерновыми злаками неодинакова. По сравнению с пшеницей и ячменем овес — более сильный конкурент вики (13). В смешанных посевах сосуществующие ви-

ды совместно используют условия местообитания, которые характеризуются определенной экологической емкостью. В результате аллелопатического воздействия биологически активными веществами, выделяемыми прорастающими семенами уже на начальных этапах онтогенеза, овес может угнетать всходы у некоторых сортов вики (13). Проявление разной толерантности растений вики выражается в изменении биометрических показателей всходов, ювенильных растений и, в конечном итоге, продуктивности посева. Для уменьшения негативного влияния на вику рекомендуется снижение нормы высева овса пропорционально снижению силы роста всходов у бобовой культуры (13).

Сравнительная оценка показателей полноты всходов выявила, что при увеличении нормы высева овса с 1 до 4 млн. шт/га густота травостоя вики снижалась с 86 до 78 шт/м² (табл.). При этом существенная детериорация посева и элиминация растений вики (с гибелью всходов до 7-9 % по сравнению с 3-4 % в контроле) наступала при нормах высева овса 3,00 и 4,00 млн/га, то есть при более высокой плотности посева злаковой культуры.

Структура урожая и урожайность семян у вики посевной (*Vicia sativa* L.) сорта Луговская 98 в зависимости от вида опорной культуры (ОК) (Московская обл., полевой опыт, среднее за 2006-2010 и 2012 годы)

Культура, норма высева всхожих семян, млн шт/га	Полнота всходов, %	Бобов		Семян в бобе, шт.	Полега-ние к уборке, %	Урожайность семян		Масса семян, 1000 г	Всхо-жесть семян, %
		всего, шт/м ²	зрелых, %			биологи-ческая, г/га	фактическая, ОК вика		
Одновидовой посев									
Вика	69	786	76	6,5	74	281,0	0,70	74,74	85
Смешанные посевы вики с опорной культурой									
<i>Фацелия (Phacelia tanacetifolia Benth.)</i>									
2,10	69	747	82	6,4	54	260,5	0,13	1,16	74,10
3,10	67	667	84	6,3	54	245,8	0,20	1,21	73,32
4,10	68	684	85	6,2	56	219,9	0,22	1,02	73,11
<i>Горчица (Sinapis alba L.)</i>									
1,50	63	744	84	6,5	37	283,6	0,25	1,51	78,56
2,25	62	714	86	6,4	39	252,5	0,28	1,37	77,85
3,00	63	694	86	6,2	45	230,9	0,35	1,20	78,42
<i>Овес (Avena sativa L.)</i>									
1,00	66	758	83	6,6	42	267,5	0,65	1,25	76,55
2,00	65	744	84	6,5	36	240,2	0,94	1,42	74,95
3,00	62	708	86	6,4	27	221,3	1,32	1,57	73,62
4,00	60	670	86	6,4	22	206,4	1,60	1,40	73,58
НСП ₀₅	—	60,20	—	0,30	—	23,72	—	0,11	2,77

Примечание. Прочерки означают, что в связи с большой выборкой статистическая обработка не проводилась.

По сравнению с викой у горчицы белой семена проросли быстрее, что негативно повлияло на формирование всходов у бобовой культуры. Так, в годы с достаточной влагообеспеченностью верхнего слоя почвы в послепосевной период (2007 год — 120 % от нормы осадков во II декаде мая; 2008 год — 141 % от нормы осадков за месяц в мае; 2009 год — во II и III декадах мая 166 и 121 % осадков от нормы) горчица вступала в фазу полных всходов раньше вики (на 3-4 сут). В результате опережающего развития растений горчицы в смешанных посевах полнота всходов вики уменьшалась на 6-7 % (выборка с общей площади 5 м²) по сравнению с одновидовым травостоем (см. табл.).

Фацелия, имея по сравнению с горчицей более длительный период появления всходов и замедленное развитие в 1-й мес, не оказывала негативного влияния на густоту всходов вики.

В иерархии агроценозов гетерогенный посев с участием разных культур представляет собой значительно более сложную фитоценотическую систему, чем одновидовой культуросоюз. Продуктивность и струк-

тура травостоев вики в смеси с опорной культурой определяется биологическими особенностями их развития в зависимости от конкретных почвенно-климатических, агротехнических и фитоценологических факторов, среди которых плотность посева поддерживающей культуры и ее соотношение с таковой бобового компонента относится к наиболее существенным.

Количественные показатели элементов структуры урожая семенного травостоя вики в смешанных посевах по-разному варьировали в зависимости от обилия опорного компонента. Так, существенно изменялось число бобов (от 667 до 758 шт/м², или на 14 %), тогда как их обсемененность — в меньшей степени (от 6,2 до 6,5 семян, или в пределах 5 %) (см. табл.). При этом на формирование генеративных органов у бобового компонента большое влияние оказывает вид опорной культуры и ее количественное соотношение с викой (4, 13).

В целом наиболее благоприятные условия развития генеративных органов вики складывались в ее посевах с горчицей и овсом при уменьшенных нормах высева опорной культуры (соответственно 1,00-2,00 и 1,50-2,25 млн шт/га). Это проявилось в формировании большего числа бобов как в расчете на одно растение (8,8-9,1 шт.), так и в сумме на единице площади (714-758 шт/м²). С увеличением нормы высева всех опорных культур число бобов вики снижалось на 7-12 % (см. табл.).

Полнота сбора и качество семян вики посевной зависят от степени полегания: известно, что при сильном полегании потери потенциального урожая семян сельскохозяйственных культур достигают 50 % и более (30). По нашим данным, в зависимости от вида и нормы высева поддерживающих культур, а также погодных условий сроки наступления и степень полегания смешанных посевов существенно варьировали. Так, вика сорта Луговская 98 от фазы полных всходов до начала бутонизации росла относительно медленно (среднесуточный прирост составлял 1,2-1,5 см). Затем при вступлении в репродукционный период рост ускорялся (2,5 см/сут и более) до фазы образования зеленых бобов. В эти же сроки наиболее вероятно сильное полегание посевов. В частности, степень полегания одновидового посева вики перед уборкой составила 74 % (см. табл.). При этом начало полегания фиксировали уже в фазу ветвления. В результате при высокой биологической урожайности семян вики в одновидовом посеве (281 г/м²) полнота их сбора в опыте была минимальной и составила только 25 %.

Линейный среднесуточный прирост у растений овса в первые 5 нед составлял в среднем около 1,7 см. Причем в первые две декады после фазы полных всходов овес опережал вику по высоте на 50-76 %, затем в фазу цветения уже вика на 12 % превосходила опорную культуру. В фазу выметывания овса компоненты выравнивались по высоте, но в дальнейшем в сезоны с достаточной влагообеспеченностью вика перерастала овес. Наиболее интенсивное развитие растений вики отмечали в 2008 году, когда за вегетационный сезон выпало более 142 % осадков от нормы, в том числе 110-138 % в июне-июле. Активный рост вики также наблюдался в 2009 году при превышении количества осадков в I декаде июля в 2,1 раза по сравнению со среднемноголетним значением.

Для посевов вики с овсом прослеживалась общая закономерность: с повышением нормы высева злака полегание смешанного травостоя уменьшалось (см. табл.). Степень полегания совместных посевов вики с овсом в зависимости от обилия мятликового опорного компонента составляла 22-42 %, то есть различалась в 2 раза. При этом в типичные по погодным условиям вегетационные сезоны преобладал стеблевой тип полегания, а при избыточном увлажнении дополнительно наблюдалось корневое полегание.

У горчицы белой в I декаду развития рост был замедленным (прибавка по высоте 0,8 см/сут, или на 38-39 % меньше, чем у вики). С III пентады после появления всходов и на протяжении последующего месяца растения горчицы имели наибольшую скорость роста (около 2,7 см/сут) и в фазу бутонизации вики превосходили ее по длине стебля уже на 34 %.

Устойчивость сельскохозяйственных культур к стеблевому типу полегания определяется степенью развития интеркалярной меристемы, мощностью слоя механической ткани и проводящих пучков паренхимы, толщиной склеренхимного кольца, что влияет на диаметр междоузлий и толщину стенок стеблей (27). Полегание зависит от морфоанатомических показателей прочности стеблей опорных культур и их соотношения испытываемой нагрузке. Стебли горчицы имеют жесткость 26,9 кг/см², сопротивление изгибу — 26,3 кг/см², сопротивление излому — 1,45 кг/см², овса — соответственно 16,3; 20,3 и 1,0 кг/см² (28). В вико-горчичных смесях полегание составило 37-45 % и возросло с увеличением нормы высева капустного компонента. Недостаток вико-горчичных смесей заключался в их сильном полегании при избыточной влагообеспеченности вследствие израстания горчицы и формирования более тонких стеблей. При таких условиях и у вики отмечали израстание и повторное цветение. Это было наиболее выражено в 2008 году, когда вследствие увеличения количества осадков в июне-июле (110-138 % от нормы) полегание смеси достигало 68-73 %. Более высокое полегание (42-52 %) отмечали и в 2006 году при вторичном росте вики в период созревания при избыточном выпадении осадков в августе (с превышением среднемесячных значений на 75,3 %).

По сравнению с остальными изученными видами фацелия в первые 2-3 нед развивалась наиболее медленно (увеличение длины растений в среднем на 1,1 см/сут), отставая от вики в первую послевсходовую декаду на 58-70 %. Затем рост фацелии ускорялся (сначала до 1,8 см/сут, затем до 2,6 см/сут), и к началу бутонизации вики компоненты этой травосмеси выравнивались по длине растений. Фацелия имеет прямостоячие ребристые стебли высотой до 80-100 см, что позволяет рассматривать ее как перспективную поддерживающую культуру для вики. Однако по сравнению с горчицей и овсом фацелия формировала с викой травосмесь, которая в условиях умеренного климата при достаточной и избыточной влагообеспеченности оказалась наиболее подверженной полеганию (54-56 % с более выраженным корневым типом).

В смешанном посеве возникает физиолого-биохимическое взаимодействие растений через корневые выделения. Вика посевная в результате жизнедеятельности клубеньковых бактерий *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* на корневой системе способствует поступлению в почву биологического азота (до 74-109 кг/га), повышая ее плодородие (29). Важная особенность однолетних бобовых культур заключается в усилении у них симбиотрофного типа азотного питания (в 1,7-2,5 раза) при совместном возделывании со злаками. Причина заключается в том, что злак, интенсивно поглощая доступный азот почвы, стимулирует активность клубеньковых бактерий. К тому же злаковый компонент усваивает часть азота, фиксируемого клубеньковыми бактериями, на что косвенно указывает повышение содержания азота в семенах и соломе в смешанном посеве (30). Инокуляция вики специфичными штаммами симбионтов способствует усилению симбиотической азотфиксации, существенно повышая величину и качество урожая (31). При этом разные сорта вики неодинаково генотипически дифференцированы по реакции на инокуляцию. Сорт Луговская 98 характеризуется широкой амплитудой и высокой эффективностью комплементарного

симбиотического взаимодействия с природными и селекционными штаммами клубеньковых бактерий (32, 33).

Эффективность взаимодействия мятликового компонента с бобовой культурой в смешанных посевах зависела от его обилия. Так, вика благоприятно влияла на рост овса в смешанном посеве только при соотношении компонентов 1:1-1:2. В таких травостоях по сравнению с одновидовым злаковым посевом отмечалось увеличение высоты растений овса на 9 %, числа листьев на 15-17 %, числа колосков в соцветии на 10-13 %, а средняя абсолютно сухая масса одного растения возрастала на 18-20 % (34). При соотношении обилия вики и овса до 1:3-1:4 положительное влияние бобовой культуры на морфобиологические признаки злака по сравнению с таковыми в его одновидовом посеве было незначительным и находилось в пределах ошибки опыта (34). Вследствие этого и из-за усиления внутривидовой конкуренции в более густых посевах коэффициент размножения овса при его нормах высева 1,00 и 2,00 млн шт/га даже при большей степени полегания смешанных травостоев (соответственно 42 и 36 %) составил 20 и 15 %, а при нормах 3,00 и 4,00 млн шт/га и полегании 27 и 22 % — только 14 и 12 % (см. табл.).

Наиболее объективным критерием оценки биологической эффективности смешанных посевов, отражением агрессивности конкурентного взаимовлияния компонентов служит величина фактической и биологической урожайности зерна (35). Сравнение этого показателя в двухкомпонентных агроценозах при разном насыщении травостоя опорной культурой показало, что максимальная биологическая урожайность семян вики ($283,6 \text{ г/м}^2$) формировалась в смесях с горчицей белой при норме высева семян последней 1,50 млн шт/га, а также с фацелией и овсом ($260,5\text{-}267,5 \text{ г/м}^2$) при самых низких нормах их высева (см. табл.).

Основная цель создания смешанных агрофитоценозов — управление процессами формирования качества и величины урожая, технологической пригодности к механизированной уборке. В результате баланса норм высева опорных культур и степени полегания смешанных посевов наибольшие фактические сборы семян вики (1,51-1,57 т/га в среднем за 6 лет) были получены при использовании горчицы белой и овса при нормах высева семян соответственно 1,50 и 3,00 млн шт/га. По сравнению с горчицей овес характеризуется более интенсивной транспирацией. Горчица менее устойчива к полеганию в условиях переувлажнения. В зависимости от влагообеспеченности вегетационных сезонов и связанной с ней степенью полегания посевов эффективность использования опорных культур была разной: в 2006 году (175 % осадков от нормы в августе) и 2008 году (130 % осадков за июнь и июль) вико-овсяная смесь по величине фактических сборов семян на 22-51 % превосходила вико-горчичную. В 2007 и 2009 годах, когда период с июня по август характеризовался недостатком осадков (соответственно 72 и 91 % от нормы на фоне повышенных температур) вико-овсяная смесь, наоборот, по урожайности на 18-50 % уступала вико-горчичной.

Посевные качества семян — интегральные показатели, отражающие особенности физиолого-биохимических процессов формирования семян в зависимости от флуктуаций комплекса экзогенных и эндогенных императивных факторов. Большое влияние на показатели посевных качеств семян вики оказывает технология возделывания и уборки (36, 37). Сравнительный анализ показал, что при обмолоте травостоя в фазу полного созревания 82-86 % бобов наиболее выполненные семена, имеющие достоверное превышение массы 1000 семян (на 3,08-3,82 г при значении $НСР_{05} 2,77 \text{ г}$) по сравнению с контролем, получили в вико-горчичных

смесях (см. табл.). По показателям всхожести (93-96 %) наиболее качественные семена вики, соответствующие требованиям ГОСТ 11230-95 для оригинальных и элитных семян, обеспечили гетерогенные агроценозы с горчицей и овсом (см. табл.). При этом энергия прорастания таких семян составила 77-83 %. В то же время семена с полеглою одновидового посева, хотя и были кондиционными по требованиям ГОСТ, но имели достоверно меньшую всхожесть (85 % при значении НСР₀₅ 3,4) и энергию прорастания (65 % при НСР₀₅ 5,0).

Таким образом, в условиях Центрального Нечерноземья России вику посевную сорта Луговская 98 на семена (норма высева 1,30 млн шт/га) целесообразно сеять в смеси с поддерживающими культурами, дифференцированно подбирая их вид и норму высева. В районах с меньшим количеством осадков и на возвышенных участках в качестве опорной культуры более эффективно использовать горчицу белую (норма высева всхожих семян 1,50 млн шт/га). На пониженных участках и в районах с избыточным увлажнением следует применять вико-овсяные посева с нормой высева мятликового компонента 3,00 млн шт/га.

ФГБНУ Всероссийский НИИ кормов
им. В.Р. Вильямса,
141055 Россия, Московская обл., г. Лобня,
Научный городок, корп. 1,
e-mail: vladimir.zolotarew@yandex.ru, z.v.61@mail.ru

Поступила в редакцию
6 ноября 2015 года

Sel'skokhozyaistvennaya biologiya [Agricultural Biology], 2016, V. 51, № 2, pp. 194-203

AGROBIOLOGICAL BASES OF VETCH (*Vicia sativa* L.) CULTIVATION FOR SEEDS IN THE CENTRAL RUSSIA USING HETEROGENEOUS AGROCENOSSES

V.N. Zolotarev

V.R. Williams All-Russian Fodder Research Institute, Federal Agency of Scientific Organizations, corp. 3, Nauchnyi gorodok, Lobnya, Moscow Province, 141055 Russia, e-mail vladimir.zolotarew@yandex.ru, z.v.61@mail.ru
Received November 6, 2015 doi: 10.15389/agrobiol.2016.2.194eng

Abstract

Common vetch (*Vicia sativa* L.) is widely cultivated in the Russian regions with different climate and edaphic conditions, whereupon a significant plant polymorphism and specific adaptation to environment and cultivation technologies are observed. Recently, a new breeding approach is being developed to create vetch varieties for grain forage use. Since 2002, a new such variety, the Lugovskaya 98, is recorded in the State Register of Selection Achievements of the Russian Federation. This variety differs significantly from those cultivated for green fodder. Particularly, there is no hydrocyanic acid which is the main anti-nutrient, and the level of trypsin inhibitors is reduced allowing the seeds of Lugovskaya 98 vetch to be used as protein source in animal feeds with no extra processing. In vetch pure stands a significant lodging occurs due to peculiar architectonics and biological peculiarities of plant growth under temperate climate. This necessitates vetch cultivation in the mixes with support crops. A complementary support crop and its stand density must be selected specifically in accordance with local soil and climatic conditions. We compared vetch Lugovskaya 98 seed yield formation in binary agroecosystems with different crops under stand density gradients and found those mostly complementary to vetch with regard to seed yield and quality. Plant allelopathic interactions were shown to begin during early ontogenesis. At high sowing rate of oats (*Avena sativa* L.) the vetch plant death increased up to 7-9 % compared to 3-4 % in the vetch pure stands. Vetch young growth was also 6 to 7 % suppressed in the mixes with white mustard (*Sinapis alba* L.). In contrary, *Phacelia tanacetifolia* had no effect on vetch young growth and juvenile plants. Generally, the vetch generative development was the best in the mixes with oat and mustard plants when the sowing rates of the support crops were low (i.e., not more than 1.00-2.00 and 1.50-2.25 million seeds per hectare, respectively). In these ecosystems the bean number averaged 8.8-9.1 per plant, or 714-758 per square meter. As sowing rates of a support crop increased, the bean number reduced by 7-12 %. The highest vetch seed biological yield (283.6 g per square meter) was discovered in the mixes with the white mustard at sowing rate of 1.50 million seeds per hectare, and rather high yield of 260.5-267.5 g per

square meter was recorded with phacelia and oat plants when their sowing rates were the lowest. Completeness of harvesting and seed quality in vetch are known to depend significantly on lodging. Before harvesting, in vetch pure stands the lodging was 74 %, and in mixes with oat, mustard and phacelia plants it was 22-42 % (depending on the cereal sowing rates), 37-45 %, and 54-56 %, respectively. Actual vetch seed yield was the highest (1.51-1.57 ton per hectare) when the white mustard or oat plants were used in mixes at sowing rates of 1.50 and 3.00 million seed per hectare, respectively. Under excess rainfall during vegetation vetch/oat ensured a complete harvesting vetch seeds due to less lodging, and at low rainfalls the vetch/mustard mixes were more convenient. According to vetch seed germination of 93-96 % and vigor of 77-83 %, the vetch/oat and vetch/mustard mixes ensured the highest seed quality. In lodged pure vetch these parameters were reliably lower (85 % and 65 %, respectively).

Keywords: common vetch (*Vicia sativa* L.), mixed stands, supporting crops, sowing rate, yield, seeds, seed quality.

REFERENCES

1. Dhima K.V., Lithourgidis A.S., Vasilakoglou I.B., Dordas C.A. Competition indices of common vetch and cereal intercrops in two seeding ratio. *Field Crops Research*, 2007, 100(2): 249-256 (doi: 10.1016/j.fcr.2006.07.008).
2. Erol A., Kaplan M., Kizilsimsek M. Oats (*Avena sativa*)-sommon vetch (*Vicia sativa*) mixtures grown on a low-input basis for a sustainable agriculture. *Tropical Grasslands*, 2009, 43(3): 191-196.
3. Rahetlah V.B., Randrianaivoarivony J.M., Razafimpamo L.H., Ramalanjaona V.L. Effects of seeding rates on forage yield and quality of oat (*Avena sativa* L.) vetch (*Vicia sativa* L.) mixtures under irrigated conditions of Madagascar. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, 2010, 10(10): 4254-4267 (doi: 10.4314/ajfand.v10i10.62905).
4. Tuna C., Orak A. The role of intercropping on yield potential of common vetch (*Vicia sativa* L.)/oat (*Avena sativa* L.) cultivated in pure stand and mixtures. *Journal of Agricultural and Biological Science*, 2007, 2(2): 14-19.
5. Velazquez-Beltran L.G., Felipe-Perez Y.E., Arriaga-Jordan C.M. Common vetch (*Vicia sativa* L.) for improving the nutrition of working equids in campesino systems on hill slopes in central Mexico. *Tropical Animal Health and Production*, 2002, 34(2): 169-179.
6. Alemu B., Melaku S., Prasad N.K. Effects of varying seed proportions and harvesting stages on biological compatibility and forage yield of oats (*Avena sativa* L.) and vetch (*Vicia villosa* R.) mixtures. *Livestock Research for Rural Development*, 2007, 19: 12-19.
7. Bingöl N.T., Karsli M.A., Yilmaz I.H., Bolat D. The effects of planting time and combination on the nutrient composition and digestible dry matter yield of four mixtures of vetch varieties intercropped with barley. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 2007, 31(5): 297-302.
8. Lauk R., Lauk E. Yields in vetch-wheat mixed crops and sole crops of wheat. *Agronomy Research*, 2006, 4(1): 37-44.
9. Lithourgidis A.S., Vasilakoglou I.B., Dhima K.V. Forage yield and quality of common vetch mixtures with oat and triticale in two seeding ratios. *Field Crops Research*, 2006, 99(2): 106-113 (doi: 10.1016/j.fcr.2006.03.008).
10. Zotikov V.I., Glazova Z.I., Titenok M.V. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2012, 2: 77-86 (in Russ.).
11. Novoselov Yu.K., Grishin I.A., Fitsev A.I. et al. *Rekomendatsii po proizvodstvu i ispol'zovaniyu na korm zerna zernobobovykh kul'tur v smeshannykh posevakh v Nechernozemnoi zone* [Guidelines for the production and use of feed grain legumes in mixed crops (in Russ.)]. Moscow, 1999.
12. Tyurin Yu.S., Ivshin G.I., Novoselova E.L., Debelyi G.A. *Metodicheskie rekomendatsii po proizvodstvu elitnykh semyan viki posevnoi v Tsentral'nom raione Nechernozemnoi zony* [Guidelines for the production of vetch elite seeds in the Central Non-chernozem zone (in Russ.)]. Moscow, 1985.
13. Zolotarev V.N. *Materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Nauchnoe obespechenie kormoproizvodstva i ego rol' v sel'skom khozyaistve, ekonomike, ekologii i ratsional'nom prirodopol'zovanii Rossii»* [Proc. Int. Conf. «Research on forage production and its role in agriculture, the economy, ecology and environmental management in Russia» (in Russ.)]. Moscow, 2013: 165-172.
14. Debelyi G.A., Goncharov A.G., Mednov A.V. Ob otsenke adaptivnoi sposobnosti i stabil'nosti u yarovoi viki po vysote rastenii v odnovidovykh i smeshannykh posevakh. [Estimation of adaptability and stability in spring vetch genotypes on height of plants in monospecies and mixed sowing]. *Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya [Agricultural Biology]*, 2011, 2: 90-92 (in Russ.).
15. Ivshin G.I. O povyshenii effektivnosti otbora viki posevnoi na adaptivnost' i urozhainost' semyan v selektsionnom pitomnike [About increase of selective efficiency in *Vicia sativa* on adaptivity and seed

- productivity in breeding nursery]. *Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya [Agricultural Biology]*, 2003, 1: 41-45 (in Russ.).
16. Rybnikova V.A. *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii*, 2010, 23(1): 249-254 (in Russ.).
 17. Telichko O.N., Mokhan' O.V. *Kormoproizvodstvo*, 2013, 11: 20-21 (in Russ.).
 18. Mikić A., Mihailović V., Vasiljević S., Milošević B., Katanski S., Čupina B., Radojević V., Kraljević-Balalić M., Matić R. Agronomic characteristics related to grain and crude protein content in common vetch (*Vicia sativa* L.) accessions of diverse geographics origin. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 2013, 56(4): 297-308 (doi: 10.1080/00288233.2013.845231).
 19. Mikić A., Mihailović V., Milić D., Katić S., Karagić D., Pataki I., Čupina B., Kraljević-Balalić M., D'Ottavio P. Forage yield components and classification of common vetch (*Vicia sativa* L.) cultivars of diverse geographic origin. *Grass and Forage Science*, 2014, 69(2): 315-322 (doi: 10.1111/gfs.12033).
 20. Potokina E., Blattner F.R., Bachmann K., Alexandrova T. AFLP diversity in the common vetch (*Vicia sativa* L.) on the world scale. *Theoretical and Applied Genetics*, 2002, 105(1): 58-67 (doi: 10.1007/S00122-002-0866-8).
 21. Potokina E.K., Aleksandrova T.G. Genetic singularity coefficients of common vetch (*Vicia sativa* L.) accessions determined with molecular markers. *Russian Journal of Genetics*, 2008, 44(11): 1309-1316 (doi: 10.1134/S1022795408110094).
 22. Tiryaki I., Tuna M. Determination of intraspecific nuclear DNA content variation in common vetch (*Vicia sativa* L.) lines and cultivars based on two distinct internal reference standards. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 2012, 36(6): 645-653.
 23. Buckler E.S., Thornsberry J.M., Kresovich S. Molecular diversity, structure and domestication of grasses. *Genetics Research*, 2001, 77(3): 213-218.
 24. Tyurin Yu.S. *Osnovnye napravleniya i rezul'taty selektsii viki v Tsentral'nom raione Nechernozemnoi zony. Doktorskaya dissertatsiya* [Basic aspects and results of vetch breeding in the Central Non-chernozem zone. DSc. Thesis (in Russ.)]. Moscow, 2004.
 25. Fitsev A.I., Korovina L.M., Leonidova T.V., Brazhnikova T.S. *Antipitatel'nye veshchestva zernobobovykh, zernovykh, maslichnykh kul'tur i metody ikh opredeleniya (metodicheskie ukazaniya)* [Assay of anti-nutrients in grain legumes, cereals, oil crops — guidelines (in Russ.)]. Moscow, 2007.
 26. Dospekhov B.A. *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy)* [Field trials with basic statistical processing (in Russ.)]. Moscow, 1985.
 27. Zhuchenko A.A. *Resursnyi potentsial proizvodstva zerna v Rossii (teoriya i praktika)* [Grain production resources in Russia — theory and practice (in Russ.)]. Moscow, 2004.
 28. Elagin I.N. *Smeshannye posevy zernovykh i bobovykh kul'tur — rezerv uvelicheniya belkovykh kormov* [Mixed cultivation of cereals and legumes to increase protein feeds (in Russ.)]. Moscow, 1960.
 29. Khramovoi V.K., Rakhimova O.V., Malakhova E.I. *Doklady TSKHA*, 2002, 274: 305-309 (in Russ.).
 30. Grishin I.A., Kopylova L.L. *Materialy Mezhdunarodnogo soveshchaniya «Bobovye kul'tury v sovremennom sel'skom khozyaistve»* [Proc. Int. Conf. «Legumes in agriculture» (in Russ.)]. Novgorod, 1998: 201-202.
 31. Albayrak S., Sevimay C.S., Töngel Ö. Effects of inoculation with rhizobium on seed yield and yield components of common vetch (*Vicia sativa* L.). *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 2006, 30(1): 31-37.
 32. Zolotarev V.N. *Vestnik Bashkirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2015, 3(35): 14-18 (in Russ.).
 33. Stepanova G.V. *Kormoproizvodstvo*, 2011, 10: 23-24 (in Russ.).
 34. Sokolova E.A., Mikryukov G.I., Ivanov V.P. *Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya [Agricultural Biology]*, 1969, IV(6): 942-944 (in Russ.).
 35. Willey R.W., Rao I.R. A competitive ratio for quantifying competition between intercrops. *Experimental Agriculture*, 1980, 16(2): 117-125.
 36. Samarah N.H., Allataifen N., Turk M.A., Tawaha A.M. Seed germination and dormancy of fresh and air-dried seeds of common vetch (*Vicia sativa* L.) harvested at different stages of maturity. *Seed Science and Technology*, 2004, 32(1): 11-19 (doi: 10.15258/sst.2004.32.1.03).
 37. Samarah N.H. Effect of drying methods on germination and dormancy of common vetch (*Vicia sativa* L.) seed harvested at different maturity stages. *Seed Science and Technology*, 2005, 33(3): 733-740 (doi: 10.15258/sst.2005.33.3.21).