

УДК 633/631:853.483

**ГОРЧИЦА БЕЛАЯ — ЗНАЧЕНИЕ, ИСПОЛЬЗОВАНИЕ****В.Т. Воловик**, кандидат сельскохозяйственных наук

ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса»

141055, Россия, Московская обл., г. Лобня, ул. Научный городок, корп. 1

[vniikormov@mail.ru](mailto:vniikormov@mail.ru)**WHITE MUSTARD — MEANING, APPLICATION****V.T. Volovik**, Candidate of Agricultural Sciences*Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology*

141055, Russia, Moscow region, Lobnya, Nauchnyi gorodok str., k. 1

[vniikormov@mail.ru](mailto:vniikormov@mail.ru)DOI: <https://doi.org/10.33814/AFP-2222-5366-2020-2-41-67>

Представлен обзор литературы по значению, биологическим особенностям и использованию горчицы белой. Горчица белая — одна из самых скороспелых культур семейства капустные. Используется в качестве кормовой и сидеральной культуры. Обладает большим выходом зеленой массы, неприхотлива в возделывании, ее можно использовать с ранней весны до поздней осени. При посеве в качестве промежуточной культуры растения горчицы белой в фазе начала цветения содержат в сухом веществе 21–25% протеина, 24–27% клетчатки; питательность 1 кг сухого вещества — 0,7–0,8 корм. ед. Отличный предшественник, фитомелиорант и фиторемедиант почв, улучшает физические свойства почв. Используется в многокомпонентных смесях на зеленый корм и в качестве поддерживающей культуры в смешанных агроценозах с бобовыми, все большее применение находит как покровная культура для многолетних трав. Масло используется в пищевой промышленности и для получения биотоплива. Семена, жмых и шрот используются в медицинской, косметической, пищевой, химической промышленности, обладают гербицидными и инсектицидными свойствами при использовании в биологическом земледелии. Горчица белая отличается такими положительными хозяйственными признаками, как устойчивость к растрескиванию стручков, альтернариозу, тепловому стрессу, насекомым-вредителям и нематодам, используется в отдаленной гибридизации с рапсом яровым с целью улучшения рапса по целому ряду признаков. На 2020 г. допущены к использованию 19 сортов горчицы белой, из них четыре иностранных, пять сортов заявлены как безэруковые. Сорт горчицы белой Луговская, созданный в ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса», используется на кормовые и сидерационные цели как в основных, так и в промежуточных (поукосных и пожнивных) посевах. Вегетационный период в условиях Центра Нечерноземной зоны — от 78 до 92 дней. Урожай семян — от 1,94 до 2,35 т/га, урожайность зеленой массы при посеве весной — от 19,9 до 23,4 т/га, сухого вещества — от 2,5 до 3,9 т/га.

**Ключевые слова:** горчица белая, сидерат, предшественник, промежуточная культура, покровная культура, сорт.

A review of the literature on the significance, biological features, and use of white mustard is presented. White mustard is one of the most precocious crops of the cabbage family. It is used as a forage and sideral crop. It has a large yield of green mass, is unpretentious in cultivation, it can be used from early spring to

late autumn. When sown as an intermediate crop, white mustard plants in the early flowering phase contain 21–25% protein, 24–27% fiber in the dry matter; the nutritional value of 1 kg of dry matter is 0.7–0.8 feed units. Great preceding crop, phytomeliorant and phytoremediate soil, improves the physical properties of soils. It is used in multicomponent mixtures for green fodder and as a supporting crop in mixed agrocenoses with legumes, and is increasingly used as a cover crop for perennial grasses. The oil is used in the food industry and for biofuel production. Seeds, cake and meal are used in the medical, cosmetic, food, chemical industries, have herbicidal and insecticidal properties when used in biological agriculture. White mustard is characterized by such positive economic signs, as the resistance to cracking of pods, the early blight, heat stress, insect pests and nematodes; used in distant hybridization with rapeseed spring with the aim of improving rapeseed on a number of signs. For 2020, 19 varieties of white mustard are allowed to be used, 4 of them are foreign, and 5 varieties are declared as non-erucic. The variety of white mustard Lugovskaya, created in the Federal Research Center "VIK named after V.R. Williams", is used for forage and sideration purposes both in the main and in intermediate crops. The vegetation period in the Center Non-Chernozem zone is from 78 to 92 days. Seed yield from 1.94 to 2.35 t/ha, yield of green mass when sown in spring from 19.9 to 23.4 t/ha, dry matter – from 2.5 to 3.9 t/ha.

**Keyword:** white mustard, siderate, preceding crop, intermediate culture, cover culture, variety.

Горчица — однолетнее растение, принадлежащее к семейству капустные (*Brassicaceae*). В культуре известны три вида горчицы: горчица белая (*Sinapis alba* L.),  $n = 12$ , горчица сарептская (*Brassica juncea* Czern.),  $n = 18$  и горчица черная (*Brassica nigra* Koch),  $n = 8$ . Встречается еще сорное растение горчица полевая (*Sinapis arvensis* L.). Из перечисленных видов наиболее широкое распространение в России получили первые два вида [1].

В диком состоянии горчица белая встречается в Средиземноморье. Распространена она почти по всей Европе и как заносное растение — в Сибири, Северной Африке, Китае, Северной Америке. Культивируют ее преимущественно в Швеции, Дании, Голландии. В России разводят с середины XVIII века в Нижнем Поволжье и во влажных районах Нечерноземной зоны РФ [2]. Как культура возможна в Заполярье [3].

Горчица белая на небольших площадях возделывается в Центральном и Центрально-Черноземном регионах, в Зауралье, Западной и Восточной Сиби-

ри. Производственное значение горчицы белой определено в 1932 г. в связи с постановкой вопроса о производстве растительного пищевого масла в северных областях СССР. Площади посева горчицы колеблются по годам от 150 до 250 тыс. га.

Промышленные посевы горчицы белой сосредоточены в Поволжском (73,4%), Северо-Кавказском (5,8%), Западно-Сибирском (6,6%) районах [1].

На 2020 г. допущены к использованию 19 сортов горчицы белой во всех регионах, где возделывается эта культура, из них четыре иностранных, пять сортов заявлены как безэруковые [4–7].

Как член большой семьи *Brassicaceae*, горчица белая (*Sinapis alba* L.) используется как важный генофонд для генетического улучшения товарных культур в *Brassicaceae*. Филогенетический анализ с использованием 82 видов капустных показал, что *S. alba* имеет тесную связь с важными видами *Brassica* и *Raphanus*; кроме того, вид, вероятно, возник из отдельного эволюционного пути по сравнению с конгенерным

*Sinapis arvensis*. Результаты исследований дают ценную информацию для полного использования генома *S. alba* в качестве потенциального генетического ресурса для генетического улучшения видов *Brassica* и *Raphanus* [8].

Горчица белая обладает несколькими желательными чертами, такими как устойчивость к альтернариозу, тепловому стрессу, насекомым-вредителям и нематодам [9–11].

Получены отдаленные гибридные комбинации рапса ярового с горчицей белой с целью улучшения рапса по целому ряду признаков [12–14]. Так, гибриды между *B. juncea* и *S. alba*, полученные через слияние протопластов, гибридность которых была подтверждена с помощью цитологии и молекулярных маркеров, проявляли некоторые характерные черты родителей и были полностью мужскими и женскими фертильными, а также завязывали семена при обратном скрещивании с родительскими видами. Анализ листьев *in vitro* и полевые исследования показали, что гибриды обладают высокой устойчивостью к *Alternaria brassicae*. Кроме того, гибриды завязывали семена при температуре  $> +38$  °C, когда родители не смогли произвести семена, что указывает на то, что гибриды обладают теплостойкостью. Эти стабильные гибриды обеспечивают надежный генетический ресурс для передачи генов от *S. alba* в культивируемые виды *Brassica* [15].

Используя трансгенные растения *B. oleracea* (СС,  $2n = 18$ ) в качестве отцовских и нетрансгенные *S. alba* (SS,  $2n = 24$ ) в качестве материнских растений, методами биотехнологии получили межвидовые гибриды. Гибридность этих

растений подтверждалась окраской цветков и другими агрономическими характеристиками, подсчетом хромосом и жизнеспособностью пыльцы. Большинство растений F3 получили достаточную устойчивость к *Alternaria brassicae*, что имеет большое значение для селекционной программы. Наличие гена *bar* в этих промежуточных материалах будет способствовать идентификации гибридности и переносу признаков *S. alba* на целевой генетический фон [16].

Горчица белая — однолетнее яровое растение.

Корень стержневой, корневая система очень похожа на корневую систему рапса, но слабее развита, проникает на глубину 1–1,5 м. Несмотря на это, способность к усвоению питательных веществ у горчицы белой выше, чем у рапса.

Стебель ребристый, покрытый жесткими, щетинистыми волосками достигает высоты 60–150 см.

Листья лировидно-перистонадрезанные, нижние длинночерешковые, верхние короткочерешковые, состоят, как правило, из шести боковых и одной верхней лопастей, последняя крупнее боковых. Все листья покрыты жесткими волосками.

Стебель горчицы белой прямостоячий, сильно разветвленный, высотой 25–80 см, покрыт жесткими волосками.

Соцветие, как у рапса, снизу доверху отцветающая кисть, которая содержит собранные в головки от 25 до 100 желтых цветков (рис. 1). Отдельный цветок цветет больше двух дней, цветение стеблестоя, в зависимости от погодных условий, до трех–четырёх недель. Морфологическое строение цветка позволяет са-

моопыление, но в посевах горчица белая практически опыляется перекрестно пчелами и ветром. Цветение наступает дружно и привлекает массу пчел и дру-

гих насекомых. Оно начинается с верхушечной части растения на главном побеге, затем зацветают верхушечные кисти на побегах второго порядка [17].



**Рис. 1. Горчица белая, сорт Луговская**

Плод горчицы белой — стручок прямой или дугообразный, короче, чем у рапса, бугорчатый, с жесткими волосками, оканчивающийся плоским мечевидным носиком, равным по длине створкам или длиннее их; отходит от оси соцветия под прямым углом. При созревании стручки не раскрываются, но при запаздывании с уборкой семян стручки перестоявшего посева белой горчицы могут отламываться и осыпаться на землю, частично растрескиваясь. В каждом стручке по 4–8 семян, положение которых снаружи обозначено затяжками. Семена шаровидной формы диаметром 1,8–2,5 см, гладкие, желтого или кремового цвета, иногда коричневатые, на вкус горькие; в воде сильно ослизняются. Масса 1000 штук семян — 3–8 г. Эта культура считается менее засухоустойчивой, но более холодостойкой по сравнению с горчицей сизой [18–19].

Горчица белая относится к скороспелой группе ранних яровых культур, период ее вегетации составляет 65–100 дней при относительно небольшой потребности в общей сумме среднесуточных температур — 1000–1300 °С. Как у растения длинного дня, у белой горчицы с продвижением на север сокращается вегетационный период. Горчица белая чрезвычайно чувствительна к изменению длины дня и температуры во время прохождения световой стадии. В условиях с меньшим количеством осадков, при большей длине дня и более высокой температуре продолжительность фазы цветения горчицы белой сокращается [1]. Урожайность семян — около 1,5–2,2 ц/га. Сравнение различных видов капустных культур (рапса, сурепицы, горчицы белой и сарептской) показало, что

горчица белая является в условиях средней полосы России самой скороспелой культурой [20–21].

Требования к влаге у белой горчицы достаточно высокие и на обилие осадков она отзывается быстрым ростом. В то же время она плохо переносит даже краткосрочные майско-июньские засухи, которые бывают в Нечерноземной зоне, рост вегетативной массы прекращается, растения преждевременно зацветают, урожай резко снижается. Всходы появляются на шестой–седьмой день после посева. Цветение — через 30–40 дней после всходов. Прорастает при температуре 1–2 °С, всходы переносят заморозки до –6 °С [17]. Горчица белая устойчива к заморозкам в период цветения (до –2 °С). В фазе всходов переносит не только кратковременные заморозки, но и длительное похолодание.

Растение имеет короткую стадию яровизации, которая происходит при температуре от 0 до +15 °С. Горчица белая продолжает свой вегетативный рост при +5 °С, цветение происходит при +5 °С, созревание семян — при +10 °С.

Горчица белая может выращиваться на бедных подзолистых почвах, так как корневая система у нее с высокой усвояющей способностью. Лучшими почвами для горчицы белой являются легкие и средние суглинки. Глинистые почвы непригодны из-за большой их склонности к образованию почвенной корки. Непригодны также и песчаные почвы из-за сухости верхнего слоя и низкого плодородия. Плохо переносит засоленные почвы. Для оптимального роста и развития горчицы белой требуются нейтральные или слабощелочные почвы (рН 6,5–7). Непосредственное внесение извести

под горчицу значительно менее эффективно, чем внесение извести под предшествующие культуры [1; 17; 19].

Условия выращивания горчицы оказывают сильное влияние на обмен веществ и химический состав семян, на синтез жиров и белков. При выращивании горчицы в северных и западных районах России количество белка в семенах было меньше, чем при выращивании на юге и востоке.

Горчица имеет большое народнохозяйственное значение: в семенах горчицы содержится 25–39% масла (йодное число 92–122), в котором имеется постоянная потребность в различных отраслях промышленности (консервная, хлебопекарная и кондитерская, маргариновая, фармацевтическая, текстильная, мыловаренная и др.). Горчичное масло отличается высокими вкусовыми достоинствами. Масло большинства сортов горчицы белой содержит 24–57% эруковой и 15–36% олеиновой кислоты. Так называемые high oleic-сорта, не содержащие эруковой кислоты, содержат 58–62% олеиновой кислоты. Кроме масла, семена содержат 1,5–2,5% синальбина, который при помоле или жевании расщепляется на глюкозу и гидроксibenциловое горчичное (эфирное) масло (0,1–1,1%), которое используется в парфюмерной промышленности [19]. Горчичное масло используется также в косметологии, пищевой и химической промышленности, а жмых — в медицине для производства горчичников.

Болгарскими учеными исследован липидный состав пяти образцов семян горчицы белой. Количество жирного масла в семенах варьировало от 22,4 до 38,9%. Основными компонентами в

триацилглицеринах были эруковая (28,0–53,2%), олеиновая (13,7–25,1%), пальмитиновая (3,9–5,2%), гадолевая (9,4–14,2%) и линолевая кислоты (4,9–17,4%). Общее содержание фосфолипидов составило 3,6–6,9%, а основными представителями были фосфатидилхолин, фосфатидилинозитол и фосфатидилэтаноламин. Во фракции стеролов (0,37–0,51%) основным компонентом был бета-ситостерол (51,9–55,9% в свободных стероидах и 52,8–59,7% в сложных эфирах стеролов), за которым следовали кампестерол (19,1–30,5% и 31,1–33,5% соответственно) и брасикастерол (11,9–22,5% и 3,7–8,9%). Жирнокислотный состав сложных эфиров стеролов был сходен с триацилглицеринами, за исключением пальмитиновой кислоты, количество которой оказалось выше в этерифицированных стероидах. Общее содержание токоферола составляло 456–1025 мг/кг, а основными представителями были альфа-токоферол и гамма-токоферол. Окислительная стабильность всех исследованных образцов масла семян *Sinapis alba* L. составила 14,8–25,1 ч. [22].

Жмых семян горчицы белой — прекрасный высокобелковый корм для скота. Он содержит 35% белковых веществ и 11,8% жира, при неизменном количестве клетчатки — 9,1%. В 100 кг жмыха горчицы содержится 97,5 кг кормовых единиц и 20 кг перевариваемого белка, но кормовая ценность его снижается из-за присутствия в нем гликозидов (едких соединений) [1].

Из жмыха в фанерном производстве с успехом применяют извлеченные белки, заменяющие дорогостоящий казеин.

Силос из горчицы белой содержит:

2,7% протеина, 0,7% жира, 1,6% белка, 4,4% клетчатки, 2,6% золы, 4,9% БЭВ.

В степных районах горчицу часто подсевают осенью к озимым культурам для снегозадержания.

Большинство масличных культур, используемых в производстве пищевого масла, подходят также для получения биодизельного топлива (БД). В средиземноморском климате горчица белая может иметь потенциал в качестве сырья для производства биодизельного топлива. С помощью математических моделей предсказаны важные свойства БД, включенные в стандарт EN 14214. Результаты показали, что горчичное масло может обеспечивать цетановое число выше 60, значение плотности ниже  $900 \text{ кг/м}^3$  и точку застывания холодного фильтра, пригодную для его использования в умеренном климате, где это растение в основном произрастает. Однако прогнозируемое значение кинематической вязкости было выше максимально допустимого Европейским регулированием (5  $\text{мм}^2/\text{с}$ ) (С) [23–25].

Семена горчицы белой используются в медицине: 50%-ные водно-спиртовые экстракты из семян горчицы белой являются эффективными противовоспалительными средствами против острых и хронических воспалительных процессов [26].

Высокое потребление *Brassicaceae* снижает риск развития нескольких типов рака, вероятно, из-за высокого уровня глюкозинолатов. Экстракты *Sinapis nigra* L. (*S. nigra*) и *Sinapis alba* L. (*S. alba*) были получены из листьев и семян в различных условиях с использованием смесей этанола и воды, поскольку их глюкозинолаты, главным образом sinal-

bin в *S. alba* и sinigrin в *S. nigra*, хорошо принимаются пищевой промышленностью. Наибольшая антипролиферативная активность как в неопухолевых, так и в опухолевых клеточных линиях была индуцирована экстрактом семян *S. alba*. Оба экстракта показали хорошую антимикробную активность в дисковых диффузионных тестах и на готовом к употреблению свежем салате. Эти результаты подчеркивают потенциальное влияние горчицы в химиотерапии и сохранении пищевых продуктов [27].

Эфирное масло семян (ЭМС) белой горчицы, состоящее в основном из аллилизотиоцианата и изотиоцианатоциклопропана, по сравнению с озоном, оказывает лучшее усиливающее проникновение лекарств через кожу. Результаты показывают, что ЭМС является безопасным и эффективным натуральным продуктом, который имеет большой потенциал в качестве усилителя проникновения кожи [28].

В то же время сама горчица белая, как и сарептская, содержит аллергены. В дополнение к известным аллергенам горчицы — Sin a 2 (11S глобулины), Sin a 1 и Bra j 1 (2S альбумины) — выявлено наличие других, ранее неизвестных аллергенов, таких как олеозин, бета-глюкозидаза, енолаза и глутатион-с-трансферазные белки [29].

В косметике 4-гидроксибензиловый спирт (НВА), полученный из шрота семян *Sinapis alba*, является потенциально ценным сопутствующим продуктом, который действует в качестве осветляющего агента для кожи. Процедура извлечения НВА из семенной муки является относительно быстрой и не требует сложного оборудования или систем раствори-

телей, что делает ее легко адаптируемой к крупным промышленным перерабатывающим предприятиям. Таким образом, существует потенциал для использования исходного возобновляемого сырья, для производства НВА в качестве природного ингибитора тирозиназы [30].

Горчица белая широко используется в качестве фиторемедианта почв, загрязненных тяжелыми металлами Pb, Zn, Cd, Cu и Pd [31; 32].

Горчица белая может использоваться в качестве эффективного экологически чистого ингибитора коррозии для борьбы с коррозией нержавеющей стали в среде кислоты HCl. Морфологические исследования поверхности подтвердили адсорбцию этого ингибитора на поверхности металла [33].

На основе масла семян белой горчицы разработано новое биополиольное сырье, полученные результаты свидетельствуют о его применимости в качестве альтернативы нефтехимическим полиолам [34].

Горчица белая находит свое применение в борьбе с сорной растительностью. Шроты из семян горчицы могут являться альтернативой обычным гербицидам для органического земледелия [35]. Доказано, что семенная мука из горчицы белой является потенциальным средством борьбы с сорняками. Были выделены и идентифицированы активные ингредиенты в шроте семян горчицы белой, которые демонстрируют фитотоксичность к выращенным в теплице амаранту Пауэлла (*Amaranthus powellii*) и зеленому лисохвосту (*Setaria viridis*). Были проведены сопутствующие биотесты с отдельными потенциальными растворителями активных ингредиентов, содер-

жащими ионный тиоцианат (SCN<sup>-</sup>), 4-(гидроксиметил)фенол (4-ОН) или 2-(4-гидроксифенил)ацетонитрил (нитрил) в концентрациях, приближающихся к таковым в экстракте. Разработка биогербицида на основе экстрагирования и концентрирования SCN<sup>-</sup> из шрота семян горчицы белой вполне осуществима, особенно если масштабные мероприятия направлены на устранение потребности в спиртовых экстрактах и получение более высоких продуктов с активными ингредиентами [36].

Разработка альтернативных, экономически обоснованных методов борьбы с вредителями является приоритетной задачей в современном сельском хозяйстве в связи с повышением устойчивости к вредителям и повышением спроса на органические культуры. Оптимизированы условия гидролиза для получения пестицидных соединений из экстрактов горчицы белой (*Sinapis alba* L.) и горчицы сарептской (*Brassica juncea* L.). При гидролизе эндогенным ферментом мирозиназой глюкозинолаты синигрин и синалбин, естественно присутствующие в горчице, продуцируют биологически активные 2-пропенил изотиоцианат и SCN<sup>-</sup> соответственно. Состав гидролизного раствора, время и количество шрота семян горчицы как источника мирозиназы были оптимизированы для получения максимального количества 2-пропенил изотиоцианата из экстрактов *B. juncea* и SCN<sup>-</sup> из экстрактов *S. alba*. Используя оптимизированные условия, высвобождение активных пестицидных соединений из экстракта может быть достигнуто в течение 48 ч. Сформулированные выдержки можно подготовить таким образом, что они будут потенциально при-

годны для органической сертификации [37].

Горчица — один из лучших ранних медоносов: сбор меда с 1 га достигает 100 кг [38]. Опыляется горчица дикими насекомыми и медоносными пчелами. На растениях работают 76,5% медоносных пчел и 23,5% диких насекомых. Пчелы способствуют лучшему опылению посевов горчицы белой. Поэтому вывоз пасеки в поле во время цветения горчицы должен являться обязательным приемом, направленным на повышение урожая семян и улучшения их качества. Пчелы посещают цветки горчицы рано утром для сбора пыльцы, а затем до 12–14 часов собирают нектар. Максимальное выделение нектара у горчицы белой происходит в 8–14 часов. В жаркую погоду цветочность горчицы сильно возрастает, но продолжительность цветения сокращается. Выращивание зернобобовых в смеси с горчицей белой в условиях Орловской области обеспечивает более высокую продуктивность этих культур и позволяет значительно улучшить посещаемость посевов пчелами [39].

В коллекционном питомнике растений НИИ биотехнологии Горского ГАУ изучалась горчица белая, как перспективная нетрадиционная для кормопроизводства культура [40]. Хорошие результаты при возделывании на корм дает горчица белая в смеси с другими культурами: викой яровой, горохом, кукурузой, просом, яровой пшеницей, ячменем, рожью. Возделывание горчицы в смеси с другими культурами повышает урожай не только зеленой массы, но и семян. В смешанных посевах с горчицей ее компоненты меньше повреждаются вредителями, чем в чистых [1].

Производство зеленой массы, а также использование капустных культур в качестве сидерата возможно как в основных, так и в промежуточных пожнивных и поукосных посевах. Промежуточные посевы кормовых культур за счет наиболее полного использования природно-климатических ресурсов позволяют получать в условиях центра России два–три урожая в год и тем самым без расширения площади пашни увеличить сбор кормов. Формируя урожай во второй половине лета, растения увеличивают концентрацию протеина и снижают содержание клетчатки, что повышает питательность полученного корма. Являясь заключительным звеном зеленого конвейера, позволяют продлить осенний период вегетации на 1–1,5 месяца. Во ВНИИ кормов горчица белая при летнем поукосном посеве после вико-овсяной смеси на зеленый корм обеспечивала получение 199 ц/га зеленой массы, 25,7 ц/га сухой массы, 1980 корм. ед. со сбором 5,6 ц протеина с га [41].

Капустные масличные являются отличными предшественниками для других сельскохозяйственных культур, так как оставляют после себя большое количество органического вещества и корневых остатков с узким соотношением углерода и азота. Поступая в почву после уборки, они играют большую роль в повышении плодородия и улучшении физических свойств почвы. В опытах ВНИИ кормов использование поукосных посевов капустных культур в качестве зеленого удобрения обеспечивало поступление в почву 5–8 т/га органического вещества. При промежуточном посеве культуры оставляют в почве до 30–50% синтезируемого органического вещества.

При посеве на сидерационные цели поставляют в почву 15–31 т зеленой массы [42–44].

Растения горчицы благоприятно влияют на структуру почвы. В силу значительной растворяющей способности корней они переводят труднорастворимые питательные вещества в формы, доступные для других растений, и способствуют перемещению их из глубоких слоев в верхние. Горчица применяется для биологической очистки почвы, обладая выраженным фитосанитарным действием, она оказывает обеззараживающее действие на возбудителей грибковых и других заболеваний [38]. Косвенным подтверждением этому является тот факт, что в результате высева семян вики мохнатой, подвергшихся обработке штаммами клубеньковых бактерий, отмечалось увеличение полноты всходов этой культуры на 23%. Такой высокий стимулирующий эффект мог быть обусловлен слабой деятельностью местных рас (или их отсутствием), так как на используемом под высева опытным участке до этого, был непосредственный предшественник — однолетние крестоцветные, в том числе горчица белая, которые характеризуются определенным ингибирующим действием на почвенную микрофлору [45].

Промежуточные сидераты оказывают экологическое влияние на баланс органического вещества, агрофизические и другие показатели плодородия почвы, на фитосанитарное состояние посевов, особенно в зерновых севооборотах. Так, при запашке зеленого удобрения горчицы белой в севооборот, насыщенный зерновыми культурами, ежегодно положительный баланс азота увеличивался на

2,8 кг/га [1].

Они предохраняют почву от эрозии, способствуют охране окружающей среды и обеспечивают устойчивое экологическое равновесие и получение экологически чистой продукции [46–49]. При пожнивном посеве в первой декаде августа эта культура к началу октября дает в среднем 2,32 т/га абсолютно сухого вещества, а в отдельные годы — 4–4,5 т/га. При запашке этого сидерата с 1 т сухого вещества в почву поступает в среднем 386 кг С, 31 кг N, 11 кг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 19 кг K<sub>2</sub>O. Соотношение С : N в органической массе — в пределах (8–12) : 1. Лучшими предшественниками пожнивной горчицы оказались озимая пшеница и озимая рожь. Длительное использование пожнивной горчицы и соломы в севообороте усиливает биологическую активность дерново-подзолистой почвы до 68%, что несколько выше, чем в плодосменном севообороте. Ускоряя разложение растительных остатков — носителей почвенных фитопатогенов, зеленое удобрение в несколько раз повышает биологическую активность сапрофитной микрофлоры, которая служит антагонистом почвенных грибов, возбудителей многих болезней культурных растений. В результате поражение ячменя корневыми гнилями снижается в 1,5–2 раза. Активизацию почвенной биоты подтверждает увеличение количества дождевых червей в пахотном слое дерново-подзолистой почвы в 1,5–2 раза. Экологическая функция пожнивной сидерации проявляется и в связи с уменьшением после нее засоренности посевов основных культур севооборота. В ряде случаев это снимает вопрос о необходимости применения гербицидов — другого экономически опас-

ного средства производства современного интенсивного земледелия [50]. Применение пожнивного сидерата в чистом виде и совместно с соломой снижало заболевание до 18 и 10% соответственно.

Изучение размеров использования озимой пшеницей азота биомассы горчицы белой, выращиваемой в качестве сидерата, на черноземе типичном показало, что поступающий в почву азот горчицы белой сразу же вовлекается во внутрипочвенный цикл этого элемента, изменяя интенсивность трансформации почвенного азота. При внесении биомассы горчицы, меченной  $N^{15}$ , в почву озимая пшеница использовала этот азот на 27% меньше, чем азот мочевины, при этом его потери были ниже на 57%, а закрепление в почве — на 76% больше. При совместном внесении биомассы горчицы и мочевины использование озимой пшеницей азота горчицы и его газообразные потери повышались, а закрепление в почве снижалось. Продуктивность озимой пшеницы при заделке биомассы горчицы возрастала по сравнению с фоном ( $P_{60}K_{60}$ ) в 2 раза, в случае ее совместного применения с мочевиной — в 2,3 раза, при внесении мочевины — в 2,6 раза [51]. В условиях Чувашской Республики горчица белая в качестве предшественника-сидерата яровой пшеницы, оказывая комплексное воздействие на физико-химические показатели плодородия почвы, является важным элементом воспроизводства плодородия почвы [52].

После заделки горчицы в 1 кг почвы накапливается до 13–16 мг обменного калия. В результате на фоне горчицы без внесения минерального калия урожайность кукурузы на зерно оказалась на

0,5–0,7 т/га выше, чем на фоне полных минеральных удобрений, но без сидерации. Крестоцветные яровые культуры в пожвальных посевах оказывают ингибирующее влияние на сорную растительность.

Выращивание горчицы белой как предшественника льна на зеленый корм и промежуточной поукосной культуры на зеленое удобрение способствует снижению засоренности посевов льна и увеличивает урожайность льноволокна на 39%, выход льноволокна до 4%, качество волокна возрастает на 0,7–1,1 номера [53–54].

Использование горчицы белой в качестве сидеральной культуры позволяет не только компенсировать потребность растений льна в питательных веществах, но и снизить зараженность почвы, а также накопление в семенах тяжелых металлов, что важно с точки зрения производства экологически безопасной продукции [55].

Горчица белая широко используется на сидерат в междурядьях плодовых деревьев и на полях. Так, в СПК «Вязовая дубрава» (Ливенский район Орловской области) уже давно используется такой агрономический прием: ранней весной по едва оттаявшей почве рассеивают семена горчицы. По мере выращивания сидеральная культура запахивается [38].

Большие перспективы имеет использование этой культуры в качестве парозанимающей. Паровое поле, занятое горчицей, очищается от сорняков, в нем улучшается структура почвы.

Средиземноморские оливковые рощи находятся под угрозой потери почвы. Перспективно возделывание горчицы белой, поскольку в среднем она произ-

водит 6171 кг/га остатков против 4839 кг/га (естественный почвенный покров) и защищает почву от эрозии до тех пор, пока не будет выращен новый покров. Это способствует разработке более эффективных методов ведения природоохранного сельского хозяйства, предотвращению деградации земель и обеспечению устойчивости [56].

Горчица белая является хорошей поддерживающей культурой в смешанных посевах с викой посевной, горохом, чинной и другими зернобобовыми культурами с полегающим стеблем. Зерновая продуктивность повышается на 33% [19; 57].

На черноземных почвах подсев горчицы, выполняющей роль поддерживающей культуры, способствовал увеличению высоты растений чины на 1,6–8,9%, вики — на 15,0–30,2%, гороха — на 5,5–22,0% по сравнению с контролем. При этом семенная продуктивность у чины возросла на 15,8%, у вики — на 3,6–25,0%, у гороха — на 12,5–78,1% к контролю. Максимальная в опыте урожайность чины (6,0 т/га) и вики (1,3 т/га) отмечена в варианте с 1% горчицы белой. Наибольшая урожайность гороха (2,4 и 2,5 т/га) формировалась в вариантах с 3 и 20% горчицы соответственно. Максимальное в эксперименте положительное влияние на показатели роста и развития растений гороха отмечено в варианте с 3% горчицы [39].

Благодаря своим биологическим особенностям горчица белая в производственных условиях может эффективно использоваться как предшественник в севооборотах, в смешанных посевах в качестве опорной культуры для вики посевной при ее возделывании на семена, а

также покровной культуры для многолетних трав.

Проведена энергетическая и экономическая оценка применения зеленого удобрения в виде горчицы белой на дерново-подзолистых почвах Московской области [58].

Одним из факторов, определяющих продуктивность смешанных агрофитоценозов как в целом, так и отдельных ее компонентов, является аллелопатические взаимодействия культур [59]. При совместном высеве различных культур уже в фазу прорастания семян происходит физиолого-биохимическое их взаимодействие, что связано с взаимовлиянием физиологически активных выделений прорастающими семенами, а в дальнейшем корневыми выделениями, обладающими высокой физиологической активностью. Оценка аллелопатического взаимовлияния растений разных видов по степени изменения силы роста при совместном проращивании различных культур показала, что горчица белая сорта Луговская является комплементарным компонентом для посева с викой посевной сорта Луговская 98 [57; 58].

В лабораторных условиях изучен аллелопатический эффект совместного прорастания *Sorghum vulgare* и *Sinapis alba* L. Доказано как ингибирующее, так и стимулирующее действие прорастания семян *Sinapis alba* L. на прорастание семян технического сорго [59].

Для формирования менее полегающих травостоев вику посевную в производственных условиях высевают с различными опорными культурами. В большей степени распространены посевы вики с овсом, что, в первую очередь, обусловлено хозяйственной целесооб-

разностью. Однако по сравнению с другими яровыми зерновыми овес для вики является более сильным конкурентом. Кроме того, для новых сортов вики среднеспелого и среднераннего типа, районированных в Нечерноземье в последние десятилетия, овес менее подходящая по срокам созревания культура [60–65]. Предпочтительнее использование в качестве опорной культуры горчицы белой [65; 66].

С учетом разных биометрических показателей семян овес и горчица белая наиболее технологичны для вики посевной опорные культуры, позволяющие произвести полное разделение вороха на составляющие его компоненты при сортировке на типовых семяочистительных машинах. Причем, если для разделения вико-овсяной зерносмеси на сортировальных машинах Петкус-Гигант дополнительно к решетам необходим подбор триеров с соответствующим размером ячеек, то для отделения семян вики от горчицы достаточно использования только одних решет [67; 68].

Горчица белая, благодаря биологическим особенностям строения ее стебля и обусловленной этим повышенной устойчивостью к полеганию, является одной из лучших опорных культур для вики посевной при ее возделывании на семена. Стебли горчицы имеют жесткость 26,9 кг/см<sup>2</sup>, сопротивление изгибу 26,3 кг/см<sup>2</sup>, сопротивление излому 1,45 кг/см<sup>2</sup>, что, соответственно, выше на 65, 30 и 45% по сравнению с овсом.

Продуктивность и структура смешанных травостоев определяется биологическими особенностями развития как вики, так и опорных культур. Сравнительная оценка эффективности исполь-

зования различных видов опорных культур — горчицы белой, фацелии пижмолистной, горчицы сарептской показала, что более высоким числом бобов характеризовались травостой вики в смеси с горчицей белой сорта Луговская и фацелией с 50% нормами высева от полных, 715–724 боба/м<sup>2</sup>. В посевах вики с горчицей сорта Луговская в расчете на одно растение количество бобов составляло 8,2–8,6 шт. против 8,3 шт. в одновидовом, 7,1–7,7 шт. с фацелией и 8,2 шт. в посевах с овсом [66; 69; 70].

Горчица белая сорта Луговская по сравнению с горчицей сарептской обеспечивает формирование менее полеглых семенных травостоев, степень полегания соответственно была 43–46% и 59–66%. В результате более благоприятных условий развития растений вики в смеси с горчицей белой в зависимости от нормы высева капустного компонента масса ее 1000 семян составила 74,7–77,2 г против 68,4 г в одновидовом посеве и 68,9–69,7 г с горчицей сарептской [69].

Наиболее высокая биологическая урожайность семян вики формировалась в одновидовом посеве, а также в смеси с горчицей белой сорта Луговская — 294,7–290,2 г/м<sup>2</sup>. Однако из-за сильного полегания (72%) полнота сбора семян с одновидового травостоя вики была самой низкой в опыте и составила всего 24% от биологической, или 0,7 т/га. Посев же с горчицей белой сорта Луговская, вследствие меньшего полегания травостоя обеспечил получение самой большой урожайности семян вики в опыте — 1,4 т/га [70].

Многолетние травы традиционно подсеваются под покров яровых зерновых на зерно (ячмень, пшеница, овес)

или однолетних мешанок на зеленый корм (вико-овсяные, горохо-овсяные смеси), реже практикуется подсев под озимые зерновые. В то же время известно, что подпокровные посевы трав могут снижать урожайность семян в первый год пользования на 30–60% [71; 72]. Это требует поиска новых видов покровных культур для многолетних трав.

При изучении эффективности посева овсяницы луговой на семена при подпокровном способе ее возделывания было установлено, что покровные культуры по-разному влияли на рост и развитие всходов тетраплоидной овсяницы луговой. Наиболее высокая гибель растений овсяницы, 34–43%, отмечалась при возделывании под покровом райграса однолетнего и вико-овсяной смеси (1 : 1). Лучшая сохранность растений подсеянной овсяницы луговой была под покровом ячменя, пшеницы, вико-овсяной смеси (1 : 3), фацелии и горчицы белой, от 87 до 82% [73].

При условии достаточной влагообеспеченности главной причиной угнетенного развития многолетних трав под покровом является недостаток света. По сравнению с зерновыми злаками, вико-овсяной смесью на зеленый корм или райграсом однолетним лучший режим освещенности овсяницы, 19–90% по фазам развития, был под покровом горчицы белой сорта Луговская. В результате разных условий развития в подпокровный период в первый год пользования травостоя по последствию покровных культур наиболее высокую урожайность семян — 752–814 кг/га обеспечили посевы овсяницы луговой, вышедшие из-под

горчицы белой сорта Луговская и вико-овсяной смеси (1 : 3). Урожайность семян овсяницы после пшеницы была меньше и составила 725 кг/га, что обусловлено меньшей обсемененностью соцветий [74; 75].

Сорт горчицы белой Луговская (рис. 2) создан для использования на кормовые и сидерационные цели как в основных, так и в промежуточных (поукосных и пожнивных) посевах методом многократного отбора из популяции Лунинская местная. Вегетационный период в условиях Центра Нечерноземной зоны от 78 (2004 г.) до 92 (2003 г.) дней. Время цветения очень раннее. Сорт отличается быстрым темпом начального роста и развития, имеет сильную степень генеративного развития при посеве поздним летом. Устойчивость к полеганию средняя, к осыпанию на корню — сильная. В незначительной степени повреждается крестоцветными блошками и рапсовым цветоедом.

Урожай семян за годы испытаний составил от 1,94 до 2,35 т/га, что выше стандарта ВНИИМК 518 на 15%. В семенах содержится 28,2–34,1% белка, 30,3–34,2% жира. Урожайность зеленой массы при посеве весной от 19,9 (2003 г.) до 23,4 (2004 г.) т/га, сухого вещества — от 2,5 до 3,9 т/га, что выше стандарта соответственно на 10,5 и 13%. При посеве в качестве промежуточной культуры растения горчицы белой в фазе начала цветения содержат в сухом веществе 21–25% протеина, 24–27% клетчатки; питательность 1 кг сухого вещества составила 0,7–0,8 корм. ед. [7; 21; 77–78].



**Рис. 2. Горчица белая Луговская в конкурсном испытании, 2018 г.**

## Литература

1. Велкова Н.И. Использование горчицы белой для расширения медоносных ресурсов ЦЧР : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук (03.00.32). – Орел : ОГАУ, 2004. – 17 с.
2. Жуковский П.М. Культурные растения и их сородичи (Систематика, география, экология, использование, происхождение). – М. : Советская наука, 1950. – 595 с.
3. Машанов В.И., Покровский В.Т. Пряно-ароматические растения. – М. : Агропромиздат, 1991. – 221 с.
4. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т. 1. «Сорта растений». – М. : Росинформагротех, 2020. – 680 с.
5. Горшков В.И., Карпачев В.В., Власова А.П. Новые сорта масличных капустных культур: яровой рапс, яровая и озимая сурепица, горчица белая // Земледелие. – 2009. – № 2. – С. 44–45.
6. Трубина В.С., Шипиевская Е.Ю., Горлова Л.А., Сердюк О.А. Горчица белая (*Sinapis alba* L.) – перспективы и возможности использования сортов селекции ВНИИМК // Научное обеспечение агропромышленного комплекса. X Всероссийская конференция молодых ученых (г. Краснодар, 26–30 ноября 2016 г.). – Краснодар : КубГАУ им. И.Т. Трубилина, 2017. – С. 906–607.
7. Патент на изобретение RU 2850, 2005 г. Заявка № 9553925, дата регистрации: 28.12.2004. Горчица белая [*Sinapis alba* L.] Луговская / Воловик В.Т., Новоселов Ю.К., Прологова Т.В., Рудоман В.В., Ян Л.В. Патентообладатель ГНУ ВНИИ кормов им. В.П. Вильямса.
8. Du X.Y., Zeng T., Feng Q., Hu L.J., Luo X., Weng Q.B., He J.F., Zhu B. The complete chloroplast genome sequence of yellow mustard (*Sinapis alba* L.) and its phylogenetic relationship to other Brassicaceae species // Gene. – 2020. – V. 731. – Pp. 144–340.
9. Brun H., Plessis J., Renard M. Resistance of some crucifers to *Alternaria brassicae* (Berk.) // Proc. 7th Intern. Rapeseed Congr., 1987, May 11–14. – Poland, Poznan, 1987. – Vol. 5. – P. 1222–1227.
10. Ripley Van L., Arnison P.G. Hybridization of *Sinapis alba* L. and *Brassica napus* L. via Embryo Rescue // Plant Breed. – 1990. – Vol. 104, № 1. – P. 26–33.
11. Plümper B., Sacristán M.D. Asymmetric somatic hybrids *Sinapis alba*<sup>(+)</sup> *Brassica napus* // Proc. 9 Intern. Rapeseed Congr. – Cambridge, 1995. – Vol. 4. – P. 1240–1242.
12. Жидкова Е.Н., Шапошникова С.А. Морфологическое изучение гибридов рапса ярового и горчицы белой // Рапс – культура XXI века: аспекты использования на продовольственные, кормовые и энергетические цели : сб. науч. докл. на Междунар. конф., 15–16 июля 2005 г. – Липецк, 2005. – С. 94–100.
13. Жидкова Е.Н. Отдаленная гибридизация в селекции рапса : монография. – Липецк : Изд-во ЛГПУ, 2008. – 163 с.
14. Горягина Е.Б., Жидкова Е.Н. Получение гибридов между рапсом яровым и горчицей белой методом эмбриокультуры // Масличные культуры. Научно-исследов. бюл. ВНИИМК. – 2008. – Вып. 1 (138). – С. 70–72.
15. Kumari P., Bisht D.S., Bhat S.R. Stable, fertile somatic hybrids between *Sinapis alba* and *Brassica juncea* show resistance to *Alternaria brassicae* and heat stress // Plant cell tissue and organ culture. – 2018. – V. 133, no 1. – Pp. 77–86.
16. Li J., Zhang C.L., Guan C.Y., Luo L.X., Ren L., Wei W.H., Lu G.Y., Fang X.P. Analysis of intergeneric sexual hybridization between transgenic *Brassica oleracea* and *Sinapis alba* // Euphytica. – 2017. – V. 213, no. 12. – Pp. 271.
17. Губанов Я.В., Тихвинский С.Ф., Горелов Е.П., Васильев Д.С., Гоник Г.Е. Технические культуры. – М. : Агропромиздат, 1986. – 287 с.
18. Величко В.В. Белая горчица в Нечерноземной полосе. – М. : Гос. изд-во сельскохозяйственной литературы, 1951. – 72 с.
19. Коломейченко В.В. Растениеводство. – М. : Агробизнесцентр, 2007. – 600 с.

20. Воловик В.Т., Прологова Т.В., Рудоман В.В. Сравнение видов капустных масличных культур в условиях Центра Нечерноземной зоны // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования : материалы VII Международного симпозиума (г. Пущино, 18–22 июня 2007 г.). Т. III. – М. : РУДН, 2007. – С. 43–45.
21. Воловик В.Т., Прологова Т.В., Рудоман В.В. Агробиологическая оценка перспективных видов масличных капустных культур // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования : материалы VIII Международного симпозиума (г. Москва, 22–26 июня 2009 г.). Т. 1. / ВНИИ селекции и семеноводства овощных культур. – М. : РУДН, 2009. – С. 47–49.
22. Antova G.A., Angelova-Romova M.I., Petkova Z.Y., Teneva O.T., Marchecheva M.P. Lipid composition of mustard seed oils (*Sinapis alba* L.) // Bulgarian chemical communications. – 2017. – V. 49. – Pp. 55–60.
23. Saez-Bastante J., Fernandez-Garcia P., Saavedra M., Lopez-Bellido L., Dorado M.P., Pinzi S. Evaluation of *Sinapis alba* as feedstock for biodiesel production in Mediterranean climate // FUEL. – 2016. – V. 184. – Pp. 656–664.
24. Kostic M.D., Djalovic I.G., Stamenkovic O.S., Mitrovic P.M., Adamovic D.S., Kulina M.K., Veljkovic V.B. Kinetic modeling and optimization of biodiesel production from white mustard (*Sinapis alba* L.) seed oil by quicklime-catalyzed transesterification // FUEL. – 2018. – V. 223. – Pp. 125–139.
25. Yesilyurt M.K., Arslan M., Eryilmaz T. Application of response surface methodology for the optimization of biodiesel production from yellow mustard (*Sinapis alba* L.) seed oil // International journal of green energy. – 2019. – V. 16, no. 1. – Pp. 60–71.
26. Xian Y.F., Hu Z., Ip S.P., Chen J.N., Su Z.R., Lai X.P., Lin Z.X. Comparison of the anti-inflammatory effects of *Sinapis alba* and *Brassica juncea* in mouse models of inflammation // Phytomedicine. – 2018. – V. 50. – Pp. 196–204.
27. Boscaro V., Boffa L., Binello A., Amisano G., Fornasero S., Cravotto G., Gallicchio M. Antiproliferative, Proapoptotic, Antioxidant and Antimicrobial Effects of *Sinapis nigra* L. and *Sinapis alba* L. Extracts // Molecules. – 2018. – V. 23, no. 11. – Pp. 3004.
28. Ruan S.F., Wang Z.X., Xiang S.J., Chen H.J., Shen Q., Liu L., Wu W.F., Cao S.W., Wang Z.W., Yang Z.J., Weng L.D., Zhu H.X., Liu Q. Mechanisms of white mustard seed (*Sinapis alba* L.) volatile oils as transdermal penetration enhancers // Fitoterapia. – 2019. – V. 138. – Pp. 104–195.
29. L'Hocine L., Pitre M., Achouri A. Detection and Identification of Allergens from Canadian Mustard Varieties of *Sinapis alba* and *Brassica juncea* // Biomolecules. – 2019. – V. 9, no. 9. – Pp. 489.
30. Popova I.E., Morra M.J. *Sinapis alba* seed meal as a feedstock for extracting the natural tyrosinase inhibitor 4-hydroxybenzyl alcohol // Industrial crops and products. – 2018. – V. 124. – Pp. 505–509.
31. Damian F., Jelea S.G., Lacatusu R., Mihali C. The treatment of soil polluted with heavy metals using the *Sinapis alba* L. and organo zeolitic amendment // Carpathian journal of earth and environmental sciences. – 2019. – V. 14, no. 2. Pp. 409–422.
32. Kinska K., Bierla K., Godin S., Preud'homme H., Kowalska J., Krasnodebska-Ostrega B., Lobinski R., Szpunar J. A chemical speciation insight into the palladium(ii) uptake and metabolism by *Sinapis alba*. Exposure to Pd induces the synthesis of a Pd-histidine complex // Metallomics. – 2019. – V. 11, no. 9. – Pp. 1498–1505.
33. Shwetha N., Rao P. *Sinapis alba* as an Anti-Rusting Agent for Corrosion of Stainless Steel in Hydrochloric Acid Medium // Surface engineering and applied electrochemistry. – 2017. – V. 53, no. 3. – Pp. 265–273.
34. Paciorek-Sadowska J., Borowicz M., Czuprynski B., Liszkowska J. New bio-polyol based on white mustard seed (*Sinapis alba*) as an alternative raw material for the polyurethane industry // Polimery. – 2018. – V. 63, no. 10. – Pp. 694–699.

35. Wang X., Niu G.H., Gu M.M., Baumann P.A., Masabni J. Response of Vegetable Seedling Emergence to Mustard (*Sinapis alba* 'IdaGold' and *Brassica juncea* 'Pacific Gold') Seed Meal // Hortscience. – 2017. – V. 52, no. 3. – Pp. 371–376.
36. Morra M.J., Popova I.E., Boydston R.A. Bioherbicidal activity of *Sinapis alba* seed meal extracts // Industrial crops and products. – 2018. – V. 115. – Pp. 174–181.
37. Popova I.E., Dubie J.S., Morra M.J. Optimization of hydrolysis conditions for release of biopesticides from glucosinolates in *Brassica juncea* and *Sinapis alba* seed meal extracts // Industrial crops and products. – 2017. – V. 97. – Pp. 354–359.
38. Картамышева Е.В. Проблемы и перспективы возделывания горчицы // Земледелие. – 2006. – № 4. – С. 25–26.
39. Донская М.В., Велкова Н.И., Наумкин В.П. Зернобобовые культуры (чина, вика, горох) в смешанных посевах с горчицей белой // Земледелие. – 2019. – № 4. – С. 25–28. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10406.
40. Цугкиев Б.Г., Гревцева С.А. Химический состав нетрадиционных кормовых растений семейства крестоцветные // Земледелие. – 2008. – № 8. – С. 35.
41. Новоселов Ю.К., Рудоман В.В. Кормовые культуры в промежуточных посевах. – М.: Агропромиздат, 1988. – 204 с.
42. Рудоман В.В., Бражникова Т.С. Агробиологические основы возделывания промежуточных культур в Нечерноземной зоне // Кормопроизводство России : сб. науч. тр. к 75-летию ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса. – М., 1997. – С. 382–391.
43. Новоселов Ю.К., Рудоман В.В. Промежуточные посевы: технологические приемы возделывания в Центральном районе Нечерноземной зоны России // Адаптивное кормопроизводство: проблемы и решения : сб. тр. к 80-летию ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса. – М.: Росинформагротех, 2002. – С. 149–157.
44. Шпаков А.С., Бражникова Т.С. Эффективность системы удобрения в кормовых севооборотах, роль кормовых культур и удобрений в сохранении и повышении плодородия почвы // Адаптивное кормопроизводство: проблемы и решения : сб. тр. к 80-летию ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса. – М.: Росинформагротех, 2002. – С. 134–141.
45. Парахин Н.В., Золотарев В.Н., Лаханов А.П., Тюрин Ю.С. Вика мохнатая (*Vicia villosa* Roth.) в кормопроизводстве России. – Орел : Изд-во ОрелГАУ, 2010. – 508 с.
46. Лошаков В.Г., Николаев В.А. Изменение агрофизических свойств дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы при длительном применении пожнивного зеленого удобрения // Известия ТСХА. – 1999. – № 2. – С. 29–40.
47. Лошаков В.Г. Промежуточные культуры – фактор экологически чистого земледелия // Аграрная наука. – 1994. – № 6. – С. 24–26.
48. Синих Ю.Н. Длительная пожнивная сидерация и фитосанитарное состояние почвы // Земледелие. – 2008. – № 3. – С. 27–28.
49. Синих Ю.Н. Плодородие дерново-подзолистых почв при длительном использовании пожвливной сидерации // Аграрная Россия. – 2009. – № 4. – С. 13–17.
50. Синих Ю.Н. Пути биологизации и экологизации севооборотов в современной земледелии // Аграрная наука. – 2010. – № 9. – С. 19–21.
51. Авилов А.С., Соколов О.А., Завалин А.А., Шмырева Н.Я. Трансформация азота биомассы горчицы белой // Достижения науки и техники АПК. – 2016. – Т. 30, № 2. – С. 29–31.
52. Кондратьев П.А., Елисеев И.П. Роль горчицы белой в качестве сидерата – предшественника яровой пшеницы // Инновационные идеи молодых исследователей для агропромышленного комплекса России : сб. материалов Междунар. научно-практической конф. молодых ученых. – Пенза : Пензенский ГАУ, 2019. – С. 104–106.

53. Понажев В.П., Рожмина Т.А., Павлова Л.Н. Современные проблемы повышения качества льноволокна и роль научного обеспечения отрасли в их решении // Достижения науки и техники АПК. – 2010. – № 11. – С. 25–27.
54. Приемы повышения урожайности льна-долгунца / О.Ю. Сорокина, Н.Н. Кузьменко, Т.П. Сухопалова [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2019. – Т. 33, № 8. – С. 18–23. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10804.
55. Инновационные приемы производства экологически чистых семян масличного льна / Т.А. Рожмина, А.А. Жученко, В.П. Понажев, О.Ю. Сорокина, И.А. Куземкин // Достижения науки и техники АПК. – 2016. – Т. 30, № 11. – С. 54–56.
56. Rodriguez-Lizana A., Repullo-Ruiberriz de Torres M.A., Carbonell-Bojollo R., Alcantara C., Ordóñez-Fernández R. *Brachypodium distachyon*, *Sinapis alba*, and controlled spontaneous vegetation as groundcovers: Soil protection and modeling decomposition // *Agriculture ecosystems & environment*. – 2018. – V. 265. – Pp. 62–72.
57. Золотарев В.Н. Теоретические основы конструирования гетерогенных семенных агрофитоценозов однолетних кормовых культур // Совмещенные посевы полевых культур в севообороте агроландшафта : Междунар. науч.-экол. конф. / под ред. И.С. Белюченко. – Краснодар. – КубГАУ, 2016. – С. 354–359.
58. Патент на изобретение RU 2552045, C1, МПК A01G 7/00 (2006. 01). Способ возделывания вики посевной на семена в смешанных посевах / Золотарев В.Н. – Опубл. 10.06.2015. – Бюлл. № 16. – 5 с.
59. Marinov-Serafimov P., Golubina I., Kalinova S. Allelopathic effect between seeds of *Sorghum vulgare* var. *technicum* [Korn.] and *Sinapis alba* L. // *Bulgarian journal of agricultural science*. – 2018. – V. 24, no. 5. – Pp. 830–835.
60. Золотарев В.Н., Матук А.Н. Влияние структуры бинарных агрофитоценозов на семенную продуктивность зернофуражной вики посевной // Актуальные проблемы развития кормопроизводства и животноводства республики Казахстан : материалы Междунар. науч.-практ. конф. (г. Алматы, 14–15 апреля 2011 г.). – Алматы : Идан, 2011. – С. 45–46.
61. Золотарев В.Н., Матук А.Н. Значение зернофуражной вики посевной для кормопроизводства и особенности ее семеноводства в гетерогенных посевах // Перспективы развития адаптивного кормопроизводства : материалы Междунар. науч.-практ. конф. (ГНУ ВИК Россельхозакадемии, 28 января 2011 г.). – Москва–Астана, 2011. – С. 173–177.
62. Золотарев В.Н., Кошен Б.М. Эффективность возделывания зернофуражной вики посевной в смешанных агрофитоценозах // Валихановские чтения – 17 : сб. материалов Междунар. конф. (24–26 апреля 2013 г., Кокшетауский государственный университет им. Ш. Улиханова, Казахстан). Т. 8. – Кокшетау, 2013. – С. 67–70.
63. Золотарев В.Н. Эффективность возделывания зернофуражной вики посевной на семена в смешанных фитоценозах в условиях Центрального Нечерноземья России // Достижения и перспективы научного обеспечения агропромышленного комплекса Центрального региона России : сб. материалов науч.-практ. конф., посвященной 80-летию Московского НИИИСХ «Мемчиновка». – М., 2012. – С. 256–261.
64. Золотарев В.Н. Агробиологические и технологические основы возделывания вики посевной (*Vicia sativa* L.) на семена в смешанных посевах // Проблемы интенсификации животноводства с учетом пространственной инфраструктуры и охраны окружающей среды / под науч. ред. В. Романюка. – Фаленты–Варшава : Институт технологических и естественных наук в Фалентах, 2013. – С. 312–311.
65. Золотарев В.Н., Матук А.Н. Особенности возделывания на семена зернофуражной вики посевной // Актуальные проблемы животноводства и пути их решения : сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф. – Смоленск : Принт-Экспресс, 2010. – С. 44–45.

66. Золотарев В.Н. Агробиологические основы возделывания вики посевной (*Vicia sativa* L.) на семена в гетерогенных агроценозах в условиях Центрального Нечерноземья России // Сельскохозяйственная биология. – 2016. – Т. 51, № 2. – С. 194–203.
67. Золотарев В.Н. Зерноочистка как фактор технологической оценки эффективности возделывания вики посевной на семена в бинарных агроценозах // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве : материалы Междунар. науч.-техн. конф. (Минск, 16–17 октября 2013 г.). В 3 т., т. 1 / РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2014. – С. 272–278.
68. Золотарев В.Н. Агробиологические основы и технологическая оценка эффективности возделывания вики посевной на семена в бинарных агроценозах // Научное обеспечение кормопроизводства и его роль в сельском хозяйстве, экономике, экологии и рациональном природопользовании России : материалы Междунар. науч.-практ. конф. (19–20 июня 2013 г.). – М. : Угрешская типография, 2013. – С. 165–172.
69. Золотарев В.Н. Эффективность возделывания вики посевной на семена в бинарных агрофитоценозах с горчицей белой и сарептской // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования : материалы X Междунар. симпозиума (Пушино, 17–21 июля 2013 г.). Т. II. – М. : РУДН, 2013. – С. 54–57.
70. Золотарев В.Н. Эффективность создания семенных гетерогенных посевов фацелии и горчицы белой с викой посевной // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования : материалы X Междунар. симпозиума (Пушино, 17–21 июля 2013 г.). Т. II. – М. : РУДН, 2013. – С. 51–54.
71. Семеноводство многолетних трав : Практические рекомендации по освоению технологий производства семян основных видов многолетних трав / Б.П. Михайличенко, Н.И. Переправо, В.Э. Рябова [и др.]. – М. : Восток, 1999. – 143 с.
72. Золотарев В.Н., Переправо Н.И. Реакция сортов фестулолиума различных морфотипов на подпокровный способ посева при возделывании на семена // Кормопроизводство. – 2017. – № 10. – С. 37–42.
73. Золотарев В.Н., Лебедева Н.Н. Эффективность использования нетрадиционных видов растений в качестве покровных культур для семенных посевов тетраплоидной овсяницы луговой // Материалы X Междунар. науч.-практ. конф. «Интродукция нетрадиционных и редких растений», 25–28 июня 2012 года. Т. 2. – Ульяновск : УлГТУ, 2012. – С. 357–363.
74. Золотарев В.Н., Лебедева Н.Н. Сравнительная оценка покровных культур для семенных посевов тетраплоидной овсяницы луговой // Актуальные и новые направления в селекции и семеноводстве сельскохозяйственных культур : материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвященной юбилею С.А. Бекузаровой. – Владикавказ : Горский ГАУ, 2012. – С. 184–187.
75. Золотарев В.Н., Лебедева Н.Н. Влияние различных видов покровных культур на формирование структуры и урожайность семян тетраплоидной овсяницы луговой // Многофункциональное адаптивное кормопроизводство : сб. науч. тр. Междунар. науч.-практ. конф. (г. Лобня, 28–29 августа 2012 г., ГНУ ВИК Россельхозакадемии). – М. : Угрешская типография, 2013. – С. 233–240.
76. Воловик В.Т. Новые сорта горчицы белой и редьки масличной селекции Института кормов // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования : материалы IX Международного симпозиума (г. Пушино, 14–18 июня 2011 г.). Т. 3. – М. : РУДН, 2011. – С. 21–24.
77. Воловик В.Т., Рудоман В.В. Селекция горчицы белой и редьки масличной для кормовых и сидерационных целей // Нетрадиционное растениеводство. Селекция и генетика. Эниология. Экология и здоровье: материалы XIX Международного научного симпозиума (г. Симферополь, 12–19 сентября 2010 г.). – Симферополь : Форма, 2010. – С. 446–448.

78. Воловик В.Т. Биологические особенности горчицы белой // Основные виды и сорта кормовых культур: Итоги научной деятельности Центрального селекционного центра / В.М. Косолапов [и др.] / ФГБНУ «ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса». – М. : Наука, 2015. – С. 256–258.

## References

1. Velkova N.I. Ispol'zovaniye gorchitsy beloy dlya rasshireniya medonosnykh resursov TsChR [The use of white mustard to expand the honey resources of the Central Black Earth Region: author's abstract Dis. ... Candidate Sci. (Agr.) (03.00.32)]. Orel, 2004, 17 p.
2. Zhukovskiy P.M. Kulturnyye rasteniya i ikh sorodichi (Sistematika, geografiya, ekologiya, ispol'zovaniye, proiskhozhdeniye) [Cultivated plants and their relatives (Systematic, geography, ecology, use, origin)]. Moscow, Sovetskaya nauka Publ., 1950, 595 p.
3. Mashanov V.I., Pokrovskiy V.T. Pryano-aromaticheskiye rasteniya [Spicy aromatic plants]. Moscow, Agropromizdat Publ., 1991, 221 p.
4. Gosudarstvennyy reyestr selektsionnykh dostizheniy, dopushchennykh k ispol'zovaniyu. T 1. «Sorta rasteniy» [State register of breeding achievements approved for use. V. 1. "Plant varieties"]. Moscow, Rosinformagrotekh Publ., 2020, 680 p.
5. Gorshkov V.I., Karpachev V.V., Vlasova A.P. Novyye sorta maslichnykh kapustnykh kultur: yarovoy raps, yarovaya i ozimaya surepitsa, gorchitsa belaya [New varieties of oilseed cabbage crops: spring rape, spring and winter colza, white mustard]. *Zemledeliye [Agriculture]*, 2009, no. 2, pp. 44–45.
6. Trubina V.S., Shipievskaya E.Yu., Gorlova L.A., Serdyuk O.A. Gorchitsa belaya (*Sinapis alba* L.) – perspektivy i vozmozhnosti ispol'zovaniya sortov selektsii VNIIMK [White mustard (*Sinapis alba* L.) – prospects and possibilities of using varieties of VNIIMK selection]. *Nauchnoye obespecheniye agropromyshlennogo kompleksa. X Vserossiyskaya konferentsiya molodykh uchenykh [Scientific support of the agro-industrial complex. X All-Russian Conference of Young Scientists (Krasnodar, November 26–30, 2016)]*. Krasnodar, 2017, pp. 906–607.
7. Patent na izobreteniyе RU 2850, 2005 g. Zayavka № 9553925, data registratsii: 28.12.2004. Gorchitsa belaya (*Sinapis alba* L.) Lugovskaya [Patent for invention RU 2850, 2005. Application No. 9553925, registration date: 28.12.2004. White mustard (*Sinapis alba* L.) Lugovskaya]. Originators: Volovik V.T., Novoselov Yu.K., Prologova T.V., Rudoman V.V., Yan L.V. Patent holder: All-Russian Williams Fodder Research Institute.
8. Du X.Y., Zeng T., Feng Q., Hu L.J., Luo X., Weng Q.B., He J.F., Zhu B. The complete chloroplast genome sequence of yellow mustard (*Sinapis alba* L.) and its phylogenetic relationship to other Brassicaceae species. *Gene*. 2020. V. 731. Pp. 144–340.
9. Brun H., Plessis J., Renard M. Resistance of some crucifers to *Alternaria brassicae* (Berk.). *Proc. 7th Intern. Rapeseed Congr.*, 1987, May 11–14. Poland, Poznan, 1987. Vol. 5. P. 1222–1227.
10. Ripley Van L., Arnison P.G. Hybridization of *Sinapis alba* L. and *Brassica napus* L. via Embryo Rescue. *Plant Breed.* 1990. Vol. 104, no. 1. P. 26–33.
11. Plümper B., Sacristán M.D. Asymmetric somatic hybrids *Sinapis alba*<sup>(+)</sup> *Brassica napus*. *Proc. 9 Intern. Rapeseed Congr.* Cambridge, 1995. Vol. 4. P. 1240–1242.
12. Zhidkova E.N., Shaposhnikova S.A. Morfologicheskoye issledovaniye gibridov yarovogo rapsa i gorchitsy beloy [Morphological study of hybrids of spring rape and white mustard]. *Raps – kultura XXI veka: aspekty ispol'zovaniya v pishchevykh, kormovykh i energeticheskikh tselyakh [Rape – culture of the XXI century: aspects of use for food, fodder and energy purposes : Proc. Int. scientific-practical Conf., July 15–16, 2005]*. Lipetsk, 2005, pp. 94–100.
13. Zhidkova E.N. Udalennaya gibridizatsiya v selektsii rapsa [Remote hybridization in rapeseed breeding]. Lipetsk, 2008, 163 p.
14. Goryagina E.B., Zhidkova E.N. Polucheniye gibridov mezhdru rapsom yarovym i gorchitsey beloy metodom embriokultury [Obtaining hybrids between spring rape and white mustard by

- embryoculture]. *Maslichnyye kultury. Nauchno-issledov. byul. VNIIMK* [Oil cultures. Scientific research bul. VNIIMK], 2008, issue 1 (138), pp. 70–72.
15. Kumari P., Bisht D.S., Bhat S.R. Stable, fertile somatic hybrids between *Sinapis alba* and *Brassica juncea* show resistance to *Alternaria brassicae* and heat stress. *Plant cell tissue and organ culture*. 2018. V. 133, no 1. Pp. 77–86.
  16. Li J., Zhang C.L., Guan C.Y., Luo L.X., Ren L., Wei W.H., Lu G.Y., Fang X.P. Analysis of intergeneric sexual hybridization between transgenic *Brassica oleracea* and *Sinapis alba*. *Euphytica*. 2017. V. 213, no. 12. Pp. 271.
  17. Gubanov Ya.V., Tikhvinsky S.F., Gorelov E.P., Vasiliev D.S., Gonik G.E. *Tekhnicheskiye kultury* [Industrial crops]. Moscow, Agropromizdat Publ., 1986, 287 p.
  18. Velichko V.V. *Belaya gorchtitsa v Nechernozemnoy polose* [White mustard in the Non-Black Earth zone]. Moscow, State publishing house of agricultural literature, 1951, 72 p.
  19. Kolomeychenko V.V. *Rasteniyevodstvo* [Plant growing]. Moscow, Agrobiznestsentr Publ., 2007, 600 p.
  20. Volovik V.T., Prologova T.V., Rudoman V.V. Sravneniye vidov kapustnykh maslichnykh kultur v usloviyakh Tsentra Nechernozemnoy zony [Comparison of cabbage oilseeds types in the conditions of the Center Non-Black Earth Zone]. *Novyye i netraditsionnyye rasteniya i perspektivy ikh ispolzovaniya* [New and non-traditional plants and prospects for their use: materials of the VII International Symposium (Pushchino, June 18–22, 2007)]. Vol. III. Moscow, 2007, pp. 43–45.
  21. Volovik V.T., Prologova T.V., Rudoman V.V. Agrobiologicheskaya otsenka perspektivnykh vidov maslichnykh kapustnykh kultur [Agrobiological assessment of promising species of oilseed cabbage crops]. *Novyye i netraditsionnyye rasteniya i perspektivy ikh ispolzovaniya* [New and non-traditional plants and prospects for their use: materials of the VIII International Symposium (Moscow, June 22–26, 2009)]. Vol. 1. Moscow, 2009, pp. 47–49.
  22. Antova G.A., Angelova-Romova M.I., Petkova Z.Y., Teneva O.T., Marcheva M.P. Lipid composition of mustard seed oils (*Sinapis alba* L.). *Bulgarian chemical communications*. 2017. V. 49. Pp. 55–60.
  23. Saez-Bastante J., Fernandez-Garcia P., Saavedra M., Lopez-Bellido L., Dorado M.P., Pinzi S. Evaluation of *Sinapis alba* as feedstock for biodiesel production in Mediterranean climate. *FUEL*. 2016. V. 184. Pp. 656–664.
  24. Kostic M.D., Djalovic I.G., Stamenkovic O.S., Mitrovic P.M., Adamovic D.S., Kulina M.K., Veljkovic V.B. Kinetic modeling and optimization of biodiesel production from white mustard (*Sinapis alba* L.) seed oil by quicklime-catalyzed transesterification. *FUEL*. 2018. V. 223. Pp. 125–139.
  25. Yesilyurt M.K., Arslan M., Eryilmaz T. Application of response surface methodology for the optimization of biodiesel production from yellow mustard (*Sinapis alba* L.) seed oil. *International journal of green energy*. 2019. V. 16, no. 1. Pp. 60–71.
  26. Xian Y.F., Hu Z., Ip S.P., Chen J.N., Su Z.R., Lai X.P., Lin Z.X. Comparison of the anti-inflammatory effects of *Sinapis alba* and *Brassica juncea* in mouse models of inflammation. *Phytomedicine*. 2018. V. 50. Pp. 196–204.
  27. Boscaro V., Boffa L., Binello A., Amisano G., Fornasero S., Cravotto G., Gallicchio M. Antiproliferative, Proapoptotic, Antioxidant and Antimicrobial Effects of *Sinapis nigra* L. and *Sinapis alba* L. Extracts. *Molecules*. 2018. V. 23, no. 11. Pp. 3004.
  28. Ruan S.F., Wang Z.X., Xiang S.J., Chen H.J., Shen Q., Liu L., Wu W.F., Cao S.W., Wang Z.W., Yang Z.J., Weng L.D., Zhu H.X., Liu Q. Mechanisms of white mustard seed (*Sinapis alba* L.) volatile oils as transdermal penetration enhancers. *Fitoterapia*. 2019. V. 138. Pp. 104–195.
  29. L'Hocine L., Pitre M., Achouri A. Detection and Identification of Allergens from Canadian Mustard Varieties of *Sinapis alba* and *Brassica juncea*. *Biomolecules*. 2019. V. 9, no. 9. Pp. 489.
  30. Popova I.E., Morra M.J. *Sinapis alba* seed meal as a feedstock for extracting the natural tyrosinase inhibitor 4-hydroxybenzyl alcohol. *Industrial crops and products*. 2018. V. 124. Pp. 505–509.

31. Damian F., Jelea S.G., Lacatusu R., Mihali C. The treatment of soil polluted with heavy metals using the *Sinapis alba* L. and organo zeolitic amendment. *Carpathian journal of earth and environmental sciences*. 2019. V. 14, no. 2. Pp. 409–422.
32. Kinska K., Bierla K., Godin S., Preud'homme H., Kowalska J., Krasnodebska-Ostrega B., Lobinski R., Szpunar J. A chemical speciation insight into the palladium(ii) uptake and metabolism by *Sinapis alba*. Exposure to Pd induces the synthesis of a Pd-histidine complex. *Metallomics*. 2019. V. 11, no. 9. Pp. 1498–1505.
33. Shwetha N., Rao P. *Sinapis alba* as an Anti-Rusting Agent for Corrosion of Stainless Steel in Hydrochloric Acid Medium. *Surface engineering and applied electrochemistry*. 2017. V. 53, no. 3. Pp. 265–273.
34. Paciorek-Sadowska J., Borowicz M., Czuprynski B., Liszkowska J. New bio-polyol based on white mustard seed (*Sinapis alba*) as an alternative raw material for the polyurethane industry. *Polimery*. 2018. V. 63, no. 10. Pp. 694–699.
35. Wang X., Niu G.H., Gu M.M., Baumann P.A., Masabni J. Response of Vegetable Seedling Emergence to Mustard (*Sinapis alba* 'IdaGold' and *Brassica juncea* 'Pacific Gold') Seed Meal. *Hortscience*. 2017. V. 52, no. 3. Pp. 371–376.
36. Morra M.J., Popova I.E., Boydston R.A. Bioherbicidal activity of *Sinapis alba* seed meal extracts. *Industrial crops and products*. 2018. V. 115. Pp. 174–181.
37. Popova I.E., Dubie J.S., Morra M.J. Optimization of hydrolysis conditions for release of biopesticides from glucosinolates in *Brassica juncea* and *Sinapis alba* seed meal extracts. *Industrial crops and products*. 2017. V. 97. Pp. 354–359.
38. Kartamysheva E.V. Problemy i perspektivy vozdelevaniya gorchitsy [Problems and prospects of cultivation of mustard]. *Zemledeliye [Agriculture]*, 2006, no. 4, pp. 25–26.
39. Donskaya M.V., Velkova N.I., Naumkin V.P. Zernobobovyye kultury (china, vika, gorokh) v smeshannykh posevakh s gorchitsej beloy [Legumes (lathyrus, vetch, peas) in mixed crops with white mustard]. *Zemledeliye [Agriculture]*, 2019, no. 4, pp. 25–28. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10406.
40. Tsugkiev B.G., Grevtseva S.A. Khimicheskiy sostav netraditsionnykh kormovykh rasteniy semeystva krestotsvetnyye [Chemical composition of non-traditional forage plants of the cruciferous family]. *Zemledeliye [Agriculture]*, 2008, no. 8, p. 35.
41. Novoselov Yu.K., Rudoman V.V. Kormovyie kultury v promezhutochnykh posevakh [Forage crops in intermediate sowings]. Moscow, Agropromizdat Publ., 1988, 204 p.
42. Rudoman V.V., Brazhnikova T.S. Agrobiologicheskiye osnovy vozdelevaniya promezhutochnykh kultur v Nechernozemnoy zone [Agrobiological foundations for the cultivation of intermediate crops in the Non-Chernozem zone]. *Kormoproizvodstvo Rossii [Fodder production in Russia: collection of articles]*. Moscow, 1997, pp. 382–391.
43. Novoselov Yu.K., Rudoman V.V. Promezhutochnyye posevy: tekhnologicheskiye priyemy vozdelevaniya v Tsentralnom rayone Nechernozemnoy zony Rossii [Intermediate crops: technological methods of cultivation in the Central region of the Non-Chernozem zone of Russia]. *Adaptivnoye kormoproizvodstvo: problemy i resheniya [Adaptive forage production: problems and solutions : collection of articles]*. Moscow, Rosinformagrotech Publ., 2002, pp. 149–157.
44. Shpakov A.S., Brazhnikova T.S. Effektivnost sistemy udobreniya v kormovykh sevooborotakh, rol kormovykh kultur i udobreniy v sokhranении i povyshenii plodorodiyi pochvy [The effectiveness of the fertilization system in forage crop rotations, the role of forage crops and fertilizers in maintaining and increasing soil fertility]. *Adaptivnoye kormoproizvodstvo: problemy i resheniya [Adaptive forage production: problems and solutions: collection of articles]*. Moscow, Rosinformagrotech Publ., 2002, pp. 134–141.

45. Parakhin N.V., Zolotarev V.N., Lakhanov A.P., Tyurin Yu.S. Vika mokhnataya (*Vicia villosa* Roth.) v kormoproizvodstve Rossii [Hairy vetch (*Vicia villosa* Roth.) in fodder production in Russia]. Orel, 2010, 508 p.
46. Loshakov V.G., Nikolaev V.A. Izmeneniye agrofizicheskikh svoystv dernovo-podzolistoy srednesuglinistoy pochvy pri dlitelnom primenenii pozhnivnogo zelenogo udobreniya [Change in agrophysical properties of sod-podzolic medium-loamy soil with long-term use of stubble green fertilizer]. *Izvestiya TSKhA [News of Timiryazev Agricultural Academy]*, 1999, no. 2, pp. 29–40.
47. Loshakov V.G. Promezhutochnyye kultury – faktor ekologicheskii chistogo zemledeliya [Intermediate crops – a factor of environmentally friendly farming]. *Agrarnaya nauka [Agrarian science]*, 1994, no. 6, pp. 24–26.
48. Sinikh Yu.N. Dlitelnaya pozhnivnaya sideratsiya i fitosanitarnoye sostoyaniye pochvy [Long-term stubble sideration and phytosanitary condition of the soil]. *Zemledelie [Agriculture]*, 2008, no. 3, pp. 27–28.
49. Sinikh Yu.N. Plodorodiye dernovo-podzolistykh pochv pri dlitelnom ispolzovanii pozhnivnoy sideratsii [Fertility of sod-podzolic soils with long-term use of stubble sideration]. *Agrarnaya Rossiya [Agrarian Russia]*, 2009, no. 4, pp. 13–17.
50. Sinikh Yu.N. Puti biologizatsii i ekologizatsii sevooborotov v sovremennom zemledelii [Ways of biologization and ekologization of crop rotations in modern agriculture]. *Agrarnaya nauka [Agrarian science]*, 2010, no. 9, pp. 19–21.
51. Avilov A.S., Sokolov O.A., Zavalin A.A., Shmyreva N.Ya. Трансформация азота биомассы горчицы белой [Transformation of white mustard biomass nitrogen]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK [Achievements in science and technology AIC]*, 2016, v. 30, no. 2, pp. 29–31.
52. Kondratev P.A., Eliseev I.P. Rol gorchitsy beyoy v kachestve siderata – predshestvennika yarovoy pshenitsy [The role of white mustard as green manure – the predecessor of spring wheat]. *Innovatsionnyye idei molodykh issledovateley dlya agropromyshlennogo kompleksa Rossii [Innovative ideas of young researchers for the agro-industrial complex of Russia : collection of articles]*. Penza, 2019, pp. 104–106.
53. Ponazhev V.P., Rozhmina T.A., Pavlova L.N. Sovremennyye problemy povysheniya kachestva lnovolokna i rol nauchnogo obespecheniya otrasli v ikh reshenii [Modern problems of improving the quality of flax fiber and role of scientific support for the industry in their solution]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK [Achievements in science and technology AIC]*, 2010, no. 11, pp. 25–27.
54. Sorokina O.Yu., Kuzmenko N.N., Sukhopalova T.P. et al. Priyemy povysheniya urozhaynosti lna-dolguntsa [Methods for increasing the yield of fiber flax]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK [Achievements in science and technology AIC]*, 2019, v. 33, no. 8, pp. 18–23. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10804.
55. Rozhmina T.A., Zhuchenko A.A., Ponazhev V.P., Sorokina O.Yu., Kuzemkin I.A. Innovatsionnyye priyemy proizvodstva ekologicheskii chistykh semyan maslichnogo lna [Innovative techniques for the production of environmentally friendly oil flax seeds]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK [Achievements in science and technology AIC]*, 2016, v. 30, no. 11, pp. 54–56.
56. Rodriguez-Lizana A., Repullo-Ruiberriz de Torres M.A., Carbonell-Bojollo R., Alcantara C., Ordonez-Fernandez R. *Brachypodium distachyon*, *Sinapis alba*, and controlled spontaneous vegetation as groundcovers: Soil protection and modeling decomposition. *Agriculture ecosystems & environment*. 2018. V. 265. Pp. 62–72.
57. Zolotarev V.N. Teoreticheskiye osnovy konstruirovaniya geterogennykh semennykh agrofytotsenozov odnoletnykh kormovykh kultur [Theoretical foundations for the construction of heterogeneous seed agrophytocenoses of annual forage crops]. *Sovmeshchennyye posevy polevykh kultur v sevooborote agrolandshafta [Combined sowing of field crops in the crop rotation of an agrolandscape : Intern. scientific-ecological Conf. Ed.: I.S. Belyuchenko]*. Krasnodar, 2016, pp. 354–359.

58. Patent for invention RU 2552045, C1, IPC A01G 7/00 (2006.01). Sposob vozdelevaniya viki posevnoy na semena v smeshannykh posevakh [Method of cultivation of spring vetch for seeds in mixed crops]. Originator: Zolotarev V.N. Publ. 10.06.2015. Bull. no. 16, 5 p.
59. Marinov-Serafimov P., Golubina I., Kalinova S. Allelopathic effect between seeds of *Sorghum vulgare* var. *technicum* [Korn.] and *Sinapis alba* L. *Bulgarian journal of agricultural science*. 2018. V. 24, no. 5. Pp. 830–835.
60. Zolotarev V.N., Matuk A.N. Vliyaniye struktury binarnykh agrofytotsenozov na semennuyu produktivnost zernofurazhnoy viki posevnoy [Influence of the structure of binary agrophytocenoses on the seed productivity of grain-forage vetch spring]. *Aktualnyye problemy razvitiya kormoproizvodstva i zhivotnovodstva respubliki Kazakhstan* [Actual problems of the development of forage production and animal husbandry in the Republic of Kazakhstan : materials Intern. scientific-practical Conf. (Almaty, April 14–15, 2011)]. Almaty, Idan Publ., 2011, pp. 45–46.
61. Zolotarev V.N., Matuk A.N. Znacheniy zernofurazhnoy viki posevnoy dlya kormoproizvodstva i osobennosti yeye semenovodstva v geterogennykh posevakh [The value of grain-forage spring vetch for fodder production and features of its seed production in heterogeneous crops]. *Perspektivy razvitiya adaptivnogo kormoproizvodstva* [Prospects for the development of adaptive forage production : materials of the Intern. scientific-practical Conf. (All-Russian Williams Fodder Research Institute, January 28, 2011)]. Moscow–Astana, 2011, pp. 173–177.
62. Zolotarev V.N., Koshen B.M. Effektivnost vozdelevaniya zernofurazhnoy viki posevnoy v smeshannykh agrofytotsenozakh [Efficiency of cultivation of grain-forage vetch spring in mixed agrophytocenoses]. *Valikhanovskiy chteniye – 17* [Valikhanov readings – 17 : materials International Conf. (April 24–26, 2013, Kokshetau State University, Kazakhstan)]. V. 8. Kokshetau, 2013, pp. 67–70.
63. Zolotarev V.N. Effektivnost vozdelevaniya zernofurazhnoy viki posevnoy na semena v smeshannykh fitotsenozakh v usloviyakh Tsentralnogo Nechernozemya Rossii [Efficiency of cultivation of grain-forage vetch spring for seeds in mixed phytocenoses in the Central Non-Black Earth Region of Russia]. *Dostizheniya i perspektivy nauchnogo obespecheniya agropromyshlennogo kompleksa Tsentralnogo regiona Rossii* [Achievements and prospects of scientific support of the agro-industrial complex of the Central region of Russia : collection of articles]. Moscow, 2012, pp. 256–261.
64. Zolotarev V.N. Agrobiologicheskiye i tekhnologicheskiye osnovy vozdelevaniya viki posevnoy (*Vicia sativa* L.) na semena v smeshannykh posevakh [Agrobiological and technological foundations of cultivation of spring vetch (*Vicia sativa* L.) for seeds in mixed crops]. *Problemy intensivatsii zhivotnovodstva s uchetom prostranstvennoy infrastruktury i okhrany okruzhayushchey sredy* [Problems of intensification of animal husbandry taking into account spatial infrastructure and environmental protection. Ed.: V. Romanyuk]. Falenty–Warsaw, Institute of Technological and Natural Sciences in Falenty Publ., 2013, pp. 312–311.
65. Zolotarev V.N., Matuk A.N. Osobennosti vozdelevaniya na semena zernofurazhnoy viki posevnoy [Features of cultivation for seeds of grain-forage vetch spring]. *Aktualnyye problemy zhivotnovodstva i puti ikh resheniya* [Actual problems of animal husbandry and ways to solve them : collection of articles]. Smolensk, Print-Express Publ., 2010, pp. 44–45.
66. Zolotarev V.N. Agrobiologicheskiye osnovy vozdelevaniya viki posevnoy (*Vicia sativa* L.) na semena v geterogennykh agrotsenozakh v usloviyakh Tsentralnogo Nechernozemya Rossii [Agrobiological bases of cultivation of spring vetch (*Vicia sativa* L.) for seeds in heterogeneous agrocenoses in the Central Non-Black Earth Region of Russia]. *Selskokhozyaystvennaya biologiya* [Agricultural Biology], 2016, vol. 51, no. 2, pp. 194–203.
67. Zolotarev V.N. Zernoochistka kak faktor tekhnologicheskoy otsenki effektivnosti vozdelevaniya viki posevnoy na semena v binarnykh agrotsenozakh [Grain cleaning as a factor in the technological assessment of the efficiency of cultivation of spring vetch for seeds in binary agrocenoses]. *Nauchno-tekhnicheskyy progress v selskokhozyaystvennom proizvodstve* [Scientific and technical progress in

- agricultural production : materials Intern. scientific-technical Conf. (Minsk, October 16–17, 2013)*]. In 3 volumes, vol. 1. Minsk, 2014, pp. 272–278.
68. Zolotarev V.N. Agrobiologicheskiye osnovy i tekhnologicheskaya otsenka effektivnosti vzdelyvaniya viki posevnoy na semena v binarnykh agrotsenozakh [Agrobiological foundations and technological assessment of the efficiency of cultivation of spring vetch for seeds in binary agrocenoses]. *Nauchnoye obespecheniye kormoproizvodstva i yego rol v selskom khozyaystve, ekonomike, ekologii i ratsionalnom prirodopolzovanii Rossii* [Scientific support of forage production and its role in agriculture, economics, ecology and rational use of natural resources in Russia : materials Intern. scientific-practical Conf. (June 19–20, 2013)]. Moscow, Ugreshskaya tipografiya Publ., 2013, pp. 165–172.
  69. Zolotarev V.N. Effektivnost vzdelyvaniya viki posevnoy na semena v binarnykh agrofitotsenozakh s gorchitsej beloy i sareptskoy [Efficiency of cultivation of spring vetch for seeds in binary agrophytocenoses with white and sarepta mustard]. *Novyye i netraditsionnyye rasteniya i perspektivy ikh ispolzovaniya* [New and non-traditional plants and prospects for their use : materials X Intern. Symposium (Pushchino, 17–21 July 2013)]. V. II. Moscow, 2013, pp. 54–57.
  70. Zolotarev V.N. Effektivnost sozdaniya semennykh geterogennykh posevov fatselii i gorchitsy beloy s vikoy posevnoy [Efficiency of creation of heterogeneous seed crops of phacelia and white mustard with spring vetch]. *Novyye i netraditsionnyye rasteniya i perspektivy ikh ispolzovaniya* [New and non-traditional plants and prospects for their use : materials X Intern. Symposium (Pushchino, 17–21 July 2013)]. V. II. Moscow, 2013, pp. 51–54.
  71. Mikhailichenko B.P., Perepravo N.I., Ryabova V.E. et al. Seed production of perennial grasses: Practical recommendations for the development of technologies for the seeds production of main types of perennial grasses]. Moscow, Vostok Publ., 1999, 143 p.
  72. Zolotarev V.N., Perepravo N.I. Reaktsiya sortov festuloliuma razlichnykh morfotipov na podpokrovnyy sposob poseva pri vzdelyvanii na semena [The reaction of festulolium varieties of various morphotypes to the undercover sowing method when cultivated for seeds]. *Kormoproizvodstvo* [Fodder production], 2017, no. 10, pp. 37–42.
  73. Zolotarev V.N., Lebedeva N.N. Effektivnost ispolzovaniya netraditsionnykh vidov rasteniy v kachestve pokrovnykh kultur dlya semennykh posevov tetraploidnoy ovsyantsy lugovoy [Efficiency of using non-traditional plant species as cover crops for seed crops of tetraploid meadow fescue]. *Introduktsiya netraditsionnykh i redkikh rasteniy* [Introduction of non-traditional and rare plants : Materials of X Intern. scientific-practical Conf. (June 25–28, 2012)]. V. 2. Ulyanovsk, 2012, pp. 357–363.
  74. Zolotarev V.N., Lebedeva N.N. Sravnitel'naya otsenka pokrovnykh kultur dlya semennykh posevov tetraploidnoy ovsyantsy lugovoy [Comparative assessment of cover crops for seed crops of tetraploid meadow fescue]. *Aktualnyye i novyye napravleniya v selektsii i semenovodstve selskokhozyaystvennykh kultur* [Actual and new directions in breeding and seed production of agricultural crops : materials of Intern. scientific-practical Conf.]. Vladikavkaz, 2012, pp. 184–187.
  75. Zolotarev V.N., Lebedeva N.N. Vliyaniye razlichnykh vidov pokrovnykh kultur na formirovaniye struktury i urozhaynost semyan tetraploidnoy ovsyantsy lugovoy [Influence of different types cover crops on the formation of structure and yield seeds of tetraploid meadow fescue]. *Mnogofunktsionalnoye adaptivnoye kormoproizvodstvo* [Multifunctional adaptive forage production : Proc. Intern. scientific-practical Conf. (Lobnya, August 28–29, 2012, All-Russian Williams Fodder Research Institute)]. Moscow, Ugreshskaya tipografiya Publ., 2013, pp. 233–240.
  76. Volovik V.T. Novyye sorta gorchitsy beloy i redki maslichnoy selektsii Instituta kormov [New varieties of white mustard and oilseed radish selection of the Institute of Forage]. *Novyye i netraditsionnyye rasteniya i perspektivy ikh ispol'zovaniya* [New and non-traditional plants and prospects for their use : materials IX International Symposium (Pushchino, June 14–18, 2011)]. V. 3. Moscow, 2011, pp. 21–24.

77. Volovik V.T., Rudoman V.V. Seleksiya gorchitsy beloy i redki maslichnoy dlya kormovykh i sideratsionnykh tseley [Breeding of white mustard and oil radish for forage and green manure purposes]. *Netraditsionnoye rasteniyevodstvo. Seleksiya i genetika. Eniologiya. Ekologiya i zdorovye* [Non-traditional plant growing. Breeding and genetics. Eniology. Ecology and Health : Materials XIX Intern. Scientific Symposium (Simferopol, September 12–19, 2010)]. Simferopol, Forma Publ., 2010, pp. 446–448.
78. Volovik V.T. Biologicheskiye osobennosti gorchitsy beloy [Biological features of white mustard]. *Osnovnyye vidy i sorta kormovykh kultur: Itogi nauchnoy deyatel'nosti Tsentralnogo selektsionnogo tsentra* [Main types and varieties of forage crops: Results of scientific activities of the Central Breeding Center]. V.M. Kosolapov et al.; All-Russian Williams Fodder Research Institute. Moscow, Nauka Publ., 2015, pp. 256–258.