

МОРФОБИОЛОГИЧЕСКИЕ И БИОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ФАЦЕЛИИ ПИЖМОЛИСТНОЙ В ФИТОЦЕНОЗАХ ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЕМНОГО РЕГИОНА *

Е. В. Думачева¹, доктор биологических наук
В. И. Чернявских¹, доктор сельскохозяйственных наук

П. В. Максимова¹

Н. С. Гончарова²

М. В. Горшков²

Я. С. Козлова²

Д. В. Алтухов²

¹ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса», г. Лобня Московской области, Россия,
cherniavskih@vniikormov.ru

²ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», г. Белгород, Россия, *goncharova_n@bsuedu.ru*

*В экспедиционных исследованиях изучены генетические ресурсы дикорастущих ценопопуляций перспективной кормовой культуры фацелии пижмолистной (*Phacelia tanacetifolia* Benth.) в различных экотопах Центрально-Черноземного региона. Выделены образцы, которые могут служить источниками ценных селекционных признаков: высоты растений; низкой опушенности листьев и стеблей; содержанием сухого вещества, протеина, жира, растворимых углеводов, высокой урожайностью зеленой массы и семян. Собрана коллекция фацелии пижмолистной для дальнейшего изучения и использования в селекционной работе.*

Ключевые слова: *Phacelia tanacetifolia* Benth., нетрадиционная кормовая культура, морфобиологические признаки, биохимический состав, сухое вещество, семена.

Введение. Расширение биоразнообразия и числа видов, которые используются в аграрном производстве, является тенденцией развития современной сельскохозяйственной науки [1]. Включение в список кормовых культур новых видов объясняется необходимостью поиска высокоактивных источников безопасных фитобиотиков, которые могут заменить при кормлении животных и птицы опасные в своем последствии для человека антибиотики и другие лекарственные средства [2].

Особую ценность при этом имеют культуры широкого спектра экономического использования. Именно к таким видам относится фаце-

*Работа выполнена при поддержке проекта N 075-15-2021-541 (внутренний номер 09.ССЦ.21.0008) по теме: Реализация направлений, соответствующих программе создания и развития «Центра по кормовым культурам для создания и внедрения в агропромышленный комплекс современных технологий на основе собственных разработок Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В. Р. Вильямса» (ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса»)».

лия пижмолистная (*Phacelia tanacetifolia* Benth.). Этот вид-интродуцент хорошо известен как медонос и нектаронос; благодаря высокой декоративности получил признание в зеленом строительстве; также его используют в качестве покровного растения для предотвращения эрозии почвы; фитомелиоранта и альтернативного источника корма в животноводстве [3; 4].

Фацелия пижмолистная в последние годы используется при разработке и реализации биологических систем земледелия в качестве сидерата, наряду с многолетними и однолетними бобовыми и злаковыми травами, капустными (крестоцветными) культурами [5].

В Белгородской области ведется селекционная работа по созданию новых сортов фацелии пижмолистной. На основе местного исходного материала созданы и включены в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию в Российской Федерации, сорта фацелии пижмолистной, обладающие рядом ценных качеств для аграрного производства: Милица (2017) и Дана (2020) [6; 7].

Использование фацелии в качестве нетрадиционной кормовой культуры объясняется ее ценным биохимическим составом: надземные органы содержат группу фенольных соединений: фенолкарбоновых кислот, флавоноидов, дубильных веществ, антоцианов [8]. Содержание протеина в сухом веществе фацелии может достигать 16–21 %.

Расширение использования фацелии в качестве кормовой культуры сдерживается отсутствием специализированных сортов. Исследования ученых направлены на поиск ценных форм, которые можно использовать в качестве источников таких признаков как высокое содержание протеина в сухом веществе, низкая опушенность вегетативных органов (стеблей и листьев), высокая кормовая и семенная продуктивность, способность выдерживать различные почвенно-климатические условия региона возделывания [9]. Разработаны технологии приготовления сенажа и гранулированных кормов из фацелии.

Биологической особенностью фацелии является ее способность легко уходить из культуры и дичать, благодаря чему в отдельных фитоценозах Белгородской области в течение последних лет сформировались устойчивые естественные ценопопуляции фацелии. Дикорастущие формы фацелии перспективны для использования в селекционном процессе.

Меловой юг Среднерусской возвышенности, частью которой является Белгородская область, рассматривается исследователями как вторичный антропогенный микрогенцентр формообразования синантропных видов [10].

В регионе проводится большая работа по изучению и мобилизации генетических ресурсов растительности овражно-балочных комплексов и меловых обнажений как исходных форм для селекции [11]. В

частности, с целью селекционной работы создана и поддерживается рабочая коллекция, в которую входят районированные сорта и дикорастущие образцы фацелии пижмолистной. Методами адаптивной и фитоценотической селекции созданы новые селекционные образцы, которые являются источниками ценных признаков длительного цветения фацелии, стабильной урожайности семян и сухого вещества, облиственности и высоких показателей качества.

Оценка морфобиологических и биохимических свойств дикорастущих форм фацелии, с точки зрения перспективы их вовлечения в селекционный процесс, стала целью настоящих исследований.

Методы. Белгородская область расположена на юго-западных склонах Среднерусской возвышенности. Климат умеренно-континентальный. Продолжительность солнечного сияния составляет 1900–2000 часов в год. Величина радиационного баланса за год достигает 1650 МДж/м². Показатель агроклиматических ресурсов (теплообеспеченность) — около 2755 °С. Средние многолетние запасы продуктивной влаги в пахотном слое почвы на глубине 0–20 см составляют 25–35 мм, а в метровом слое весной — 135–190 мм. В отдельные годы эта величина может уменьшиться до 100 мм.

Белгородскую область по комплексу природно-климатических особенностей делят на три природно-территориальных комплекса, относящихся к типично лесостепной подзоне; и по одному району, которые относятся, соответственно, к южной лесостепи и северной степи.

Для поиска и оценки одичавших форм фацелии в естественных сообществах проводили маршрутные исследования и геоботанические описания по общепринятым методикам проведения геоботанических и фитоценологических исследований.

В выполнении исследования принимали участие аспиранты ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет» в рамках соглашения о совместной образовательной программе по подготовке научных и научно-педагогических кадров.

В четырех экологических точках были выделены пробные площади ($S = 100 \text{ м}^2$; $n = 10$). Каждый из районов проведения исследований имеет свои геолого-географические, почвенно-климатические и экологические особенности, определяющие проявление ростовых и метаболических процессов у изучаемых растительных объектов. Популяции I и II обнаружены в пойме реки Ворскла; популяция III — в пойме реки Оскол.

Для изучения морфологических и биологических особенностей растений, а также для отбора проб на определение биохимического состава на каждой стометровой пробной площадке случайным образом

выделяли по 10 учетных площадок, площадью 1 м² каждая. Наблюдения и учеты, а также биохимические анализы проводили по стандартным методикам. Оценку морфобиологических признаков, ценных для селекции фацелии пижмолистной, проводили по методике [12]. Статистическую обработку полученных результатов по методике полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) [13].

Результаты. Изучение дикорастущих ценопопуляций фацелии пижмолистной позволило выявить как определенные черты сходства, так и различия между ними по морфобиологическим и биохимическим признакам, а также урожайности зеленой массы и семян (таблица).

Таблица. Морфобиологические, биохимические признаки и урожайность фацелии пижмолистной в различных экологических условиях

Признак	Ценопопуляции		
	I	II	III
Высота растений, см	84–108	47–82	66–104
Диаметр куста, см	38–62	26–58	41–63
Диаметр стебля, см	0,5–1,4	0,7–1,2	0,5–1,5
Длина соцветия, см	8,9–15,7	5,9–12,6	11,1–15,7
Опушение стебля, баллы	0–1	4–7	2–5
Опушение листа, баллы	0–1	2–3	1–2
Грубость стебля, баллы	1–2	2–4	2–5
Урожайность зеленой массы, kg*(m ²) ⁻¹	3,22 ± 0,06	1,99 ± 0,25	2,31 ± 0,44
Масса 1000 семян, г	2,57 ± 0,09	1,99 ± 0,08	2,08 ± 0,11
Семенная продуктивность, kg*(m ²) ⁻¹	0,045 ± 0,002	0,039 ± 0,001	0,028 ± 0,003
Сухое вещество, %	22,15 ± 0,21	19,18 ± 0,11	17,47 ± 0,21
Сырой протеин, %	19,85 ± 1,09	15,89 ± 1,14	17,46 ± 1,82
Сырой жир, %	1,89 ± 0,11	2,33 ± 0,11	2,45 ± 1,13
Растворимые углеводы, %	37,44 ± 1,94	35,22 ± 2,01	36,16 ± 2,01

Высота особей из ценопопуляции I в среднем составляла 105,2 ± 3,01 см, что было выше, чем у растений ценопопуляции II на 27,7 %, ценопопуляции III — на 6,9 %. Коэффициент вариации признака (Cv) был высоким и составил 75,4 %.

По размерам куста растения из ценопопуляции I имели диаметр 53,8 ± 2,31 см и превосходили формы из ценопопуляции II на 22,3 %, из ценопопуляции III – на 7,8 %. Коэффициент вариации (Cv) составил 32,7 %.

По диаметру стебля особи фацелии из ценопопуляций I и II практически не отличались между собой (1,1 ± 0,23 см). Они уступали по этому показателю особям из ценопопуляции III на 20,0 %. Коэффициент вариации (Cv) для данного признака составил 22,6 %.

По длине соцветия особи фацелии из ценопопуляций III превосходили остальные ценопопуляции. Длина соцветия у них составила в среднем $15,7 \pm 2,41$ см, что превышало по этому показателю особи из ценопопуляции I на 21,7 %, из ценопопуляции II — на 46,4 % при величине коэффициента вариации (Cv) 41,3 %.

Важными характеристиками при оценке фацелии как кормовой культуры являются такие показатели как степень опушения стебля и листьев. Только в ценопопуляции I были выявлены особи фацелии со слабым опушением на уровне 1 балла, а у отдельных особей опушение практически отсутствовало — 0 баллов. У ценопопуляции III опушение стебля было выражено в средней степени, а в ценопопуляции II — в сильной степени.

Аналогичная тенденция наблюдалась и в отношении признака «опушение листьев». Только в ценопопуляции I были найдены отдельные особи с практически голыми листовыми пластинками (степень опушения 0 баллов). У большинства особей в этой ценопопуляции опушение было слабым — на уровне 1 балла. Достаточно слабую выраженность признака опушения листьев имели также особи ценопопуляции III. У ценопопуляции II опушение листьев менялось от среднего до сильно выраженного.

Ценным признаком с точки зрения кормовой ценности фацелии является признак «грубость стебля». У особей ценопопуляции I признак был выражен в средней степени. У особей остальных ценопопуляций грубость стебля изменялась от средне-сильной (II) до сильной степени (III).

Оценка урожайности зеленой массы дикорастущих особей фацелии показала, что ценопопуляция II уступила ценопопуляции I по этому показателю в среднем на 38,27 %, а ценопопуляции III — на 28,3 %.

Важным признаком, определяющим семенную продуктивность растений, является масса 1000 семян. Этот показатель имеет генетическую обусловленность, слабо зависит от экологических условий и тесно коррелирует с другими элементами семенной продуктивности. Особи фацелии из ценопопуляции I превосходили остальные ценопопуляции по этому показателю: ценопопуляцию II — на 29,1 %, ценопопуляцию III — на 23,6 %. Коэффициент вариации (Cv) при этом составил 16,8 %.

По семенной продуктивности растения из ценопопуляции I превосходили формы из ценопопуляции II на 15,4 %, из ценопопуляции III — на 60,7 % на фоне степени варьирования признака (Cv) 32,6 %.

Исследовали биохимический состав надземной фитомассы особей фацелии, произрастающих в различных природно-климатических зонах Белгородской области.

Содержание сухого вещества является показателем, который позволяет определить потенциальный сбор сухого вещества с единицы площади посевов и характеризует потенциальную кормовую ценность культуры.

Особи из ценопопуляции I по содержанию сухого вещества достоверно превосходили ценопопуляцию II на 15,4 %, ценопопуляцию III — на 26,8 % при уровне варьирования признака (Cv) 37,1 %; по содержанию сырого протеина — на 24,9 и 13,7 % соответственно. Коэффициент вариации (Cv) составил 32,6 %. По содержанию сырого жира и растворимых углеводов достоверных различий между особями различных ценопопуляциями не установлено.

Заключение. В процессе маршрутных исследований, проведенных в различных экотопах юга Среднерусской возвышенности, изучены ценопопуляции дикорастущих особей фацелии пижмолистной и выявлены различия по морфологическим и биологическим признакам.

Выделены формы, отличающиеся по габитусу, отсутствию или низкой интенсивности опушения, высокой семенной продуктивностью. Также оценены популяции по показателям кормовой (биохимической) ценности, с низкой опушенностью листьев и стебля, содержанием сухого вещества на уровне 17,47–22,15 %, протеина — 15,89–19,85 %, сырого жира — 1,89–2,45 %, растворимых углеводов — 35,22–37,44 %. Установлены пределы варьирования признака урожайности зеленой массы — 1,99–3,22 кг/м², семян — 0,032–0,038 кг/м².

Литература

1. Многолетние травы для пастбищ, газонов и рекультивации: селекция и практика / В. М. Косолапов, С. И. Костенко, Е. В. Думачева, В. И. Чернявских // Кормопроизводство. – 2022. – № 10. – С. 14–17.
2. Dumanoglu Z. An Ot (Phacelia tanacetifolia Benth.) Bitkisinin Genel Özellikleri, Önemi ve Ülkemizde Yapılan Bazı Çalışmalar // Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology. – 2019. – Т. 7, № 2. – Р. 365–369.
3. Магомедова М. Т., Березко А. М. Фацелия – ценная сидеральная, кормовая, медоносная и декоративная культура // Биоразнообразие и рациональное использование природных ресурсов : материалы докл. IV Всерос. заочной науч.-практ. конф. с междунар. участием, Махачкала, 25 марта 2016 года. – Махачкала : Дагестанский государственный педагогический университет, 2016. – С. 12–14.
4. Панин Е. В., Высоцкая Е. А. Биоресурсный потенциал фацелии в агроценозах ЦЧР // Экологический Вестник Северного Кавказа. – 2024. – Т. 20, № 4. – С. 87–94.
5. Колодяжный А. Г. Пожнивные сидеральные растения на службе повышения плодородия почв и урожайности сельскохозяйственных культур Кыргызстана // Известия ВУЗов Кыргызстана. – 2022. – № 6. – С. 201–204.
6. Ecological and biological features of *Phacelia tanacetifolia* Benth. in various ecotopes of southern European Russia / V. I. Cherniavskih, E. V. Dumacheva, V. V. Ко-

- noplev [et al.] // EurAsian Journal of BioSciences. – 2020. – Vol. 14, No. 1. – P. 1477–1481.
7. Патент на селекционное достижение № RU 10288. Фацелия *Phacelia tanacetifolia* Benth. Дана. Заявка № 8153043 от 15.08.2018 / Е. В. Думачева, В. И. Чернявских; заявитель Чернявских Владимир Иванович.
 8. Шейхмагомедова П. А., Лихота Т. Т., Попова О. И. Валидационная оценка методики количественного определения фенолкарбоновых кислот в траве фацелии пижмолистной (*Phacelia tanacetifolia* Benth.) // Фармация. – 2023. – Т. 72, № 8. – С. 19–24.
 9. Биологические ресурсы *Phacelia tanacetifolia* Benth. юга Среднерусской возвышенности как исходный материал для селекции на устойчивость / Е. В. Думачева, В. И. Чернявских, О. В. Воробьева, А. А. Горбачева // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2017. – Т. 54, № 3. – С. 188–192.
 10. The Search for Source Material of *Phacelia Tanacetifolia* Benth for Breeding for Fodder Productivity / Kosolapov V. M., Cherniavskih V. I., Dumacheva E. V. [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science : 2, Moscow, 17–20 июня 2021 года. – Moscow. 2021. – P. 012006.
 11. The use of morphobiological characteristics in the selection of *Phacelia tanacetifolia* Benth / Cherniavskih V. I., Dumacheva E. V., Gorbacheva A. A. [et al.] // International Journal of Green Pharmacy. – 2018. – Vol. 12. No. 2. – P. 433–436.
 12. Чернявских В. И., Думачева Е. В. Использование морфо-биологических признаков в селекции *Phacelia tanacetifolia* Benth // Белгород : Издательский дом «Белгород», 2018. – С. 20.
 13. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М. : Книга по Требованию, 2012. – 352 с.

MORPHOBIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL PECULIARITIES OF PHACELIA PIZHMOLISTNAYA IN PHYTOCENOSSES OF THE CENTRAL BLACK EARTH REGION

**E. V. Dumacheva, V. I. Chernyavskikh, P. V. Maksimova, N. S. Goncharova,
M. V. Gorshkov, Yu. S. Kozlova, D. V. Altukhov**

Genetic resources of wild populations of promising fodder crop *Phacelia pizhmolistnaya* (*Phacelia tanacetifolia* Benth.) in different ecotopes of the Central Black Earth region have been studied in expeditionary research. The samples, which can serve as sources of valuable breeding traits: plant height; low pubescence of leaves and stems; content of dry matter, protein, fat, soluble carbohydrates, high yield of green mass and seeds, were selected. The collection of *Phacelia pizhmolistnaya* was collected for further study and use in breeding work.

Keywords: *Phacelia tanacetifolia* Benth., non-traditional forage crop, morphobiological traits, biochemical composition, dry matter, seeds.