

DOI: 10.12731/2658-6649-2022-14-3-40-57

УДК 582.949.1: 581.821 + 635.65:631.811

МОРФО-АНАТОМИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ЗЮЗНИКА ЕВРОПЕЙСКОГО (*LYCOPUS EUROPAEUS L.*) В СВЯЗИ С ОБРАБОТКОЙ РАСТЕНИЙ КРЕМНИЙСОДЕРЖАЩИМ ПРЕПАРАТОМ

О.М. Савченко, Н.И. Ковалев

Обоснование. Для понимания механизмов адаптации и повышения биопродуктивности Зюзника европейского, на уровне изменчивости микроморфологических и анатомических особенностей эпидермы листовой пластинки и стебля, предложено изучить реакции растений на применение микроудобрения с адаптагенными свойствами.

Научная новизна. Впервые в условиях севооборота показано и подтверждено адаптагенное влияние препарата Силиплант на растения Зюзника европейского на уровне эпидермальных структур листа и стебля.

Цель работы – выявить морфо-анатомические особенности Зюзника европейского, проявившиеся под влиянием экзогенной обработки растений кремниевым микроудобрением Силиплант.

Материалы и методы. Культивируемые растения обрабатывались в фазу бутонизации препаратом Силиплант (0,5 л/га). Контрольный вариант обрабатывался водой. Расход рабочего раствора 300 л/га. Исследование проводилось на растениях второго года жизни. Листовые пластинки срединной части побегов (по 10 шт.) отбирали у растений (по 5 шт. каждого варианта). Количественные показатели и длину трихом определяли при помощи окуляр-микрометра 9х Ernst Zeits Wetzlar и объект-микрометра ОМ-П с длинной основной шкалы 1 мм. Препараты готовили по методикам для световой микроскопии. Выборка составляла 10 измерений, статистическая обработка результатов выполнена в программе Microsoft Excel. Для каждого изучаемого признака определяли его среднее значение (M), ошибку среднего (m) и коэффициент вариации ($Cv\%$).

Результаты. Определены количество и размер устьиц, проведена классификация трихом, изучено их распределение, плотность опушения и число эфиромасличных железок в зависимости от обработок растений кремнийсодержащим микроудобрением Силиплант. Установлено, что в полевых

условиях у растений практически отсутствуют гидатоды и возрастает опушенность.

Заключение. Обработка растений препаратом Силиплант способствует их адаптации к ксероморфным условиям: снижается опушенность, происходит повышение количества эфиромасличных железок, интенсифицируется рост коры и элементов ксилемы. Увеличение количества устьиц и их размеров по сравнению с контролем свидетельствует об антистрессовом воздействии препарата Силиплант на растения Зюзника европейского. Установленные особенности анатомического строения растений также могут иметь значение при определении подлинности лекарственного растительного сырья Зюзника в ходе микроскопического анализа.

Ключевые слова: зюзник европейский; *Lycopus europaeus L.*; адаптация; устьица; трихомы; микроудобрение Силиплант

Для цитирования. Савченко О.М., Ковалев Н.И. Морфо-анатомическое строение зюзника европейского (*Lycopus europaeus L.*) в связи с обработкой растений кремнийсодержащим препаратом // *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2022. Т. 14, №3. С. 40-57. DOI: 10.12731/2658-6649-2022-14-3-40-57

PECULIARITIES OF MORPHO-ANATOMICAL STRUCTURE OF GYPSYWORT (*LYCOPUS EUROPAEUS L.*) IN RESPONSE TO TREATMENT WITH SILICON-BASED MICROFERTILIZER

O.M. Savchenko, N.I. Kovalev

Background. For the comprehension the mechanisms of adaptation and increasing the bioproductivity of the Gypsywort, at the level of variability of micro-morphological and anatomical features of the epidermis of the leaf plate and stem, it is proposed to study the reactions of plants to the use of micronutrients with adaptogenic properties.

Scientific originality. For the first time in the conditions of crop rotation, the adaptogenic effect of the micro-fertilizer Siliplant on the plants of the Gypsywort at the degree of the epidermal structures of the leaf and stem was shown and confirmed.

This work aim is to identify the morfo-anatomical features of Gypsywort, emerged as the result of exogenous treatment of plants with microfertilizer Siliplant.

Materials and methods. The Gypsywort's plants, growing in the conditions of field crop rotation at the experimental field, were treated in the budding by micro-fertilizer Siliplant (0.055 gallons per acre). The control variant was treated with water. The consumption of the solution was 32,07 gallons per acre. The research material was collected under the second-year plants during the mass flowering phase. Leaf plates of the middle part of the shoots (10 pcs.) were taken from plants (5 pcs. of each variant). The anatomical method of analysis included microscopy and microphotography. A 9x Ernst Zeits Wetzlar light microscope and a 14.0 Mp USB 2.0 C-Mount camera were used for the study. The sample consisted of 10 measurements, statistical processing of the results was performed in Microsoft Excel. For each studied trait, its average value (M), the error of the mean (m) and the coefficient of variation ($Cv\%$) were determined.

Results. The number and size of stomata were determined, the classification of trichomes was refined, their distribution, the density of pubescence and the number of essential oil glands were studied explored depending on the treatments of plants with Si-based microfertilizer. It has been found out that in plants growing in the field practically do not have hydathodes and pubescence increases.

Conclusion. Treatment of plants with silicon Si-based microfertilizer contributes to their adaptation to xeromorphic conditions: pubescence decreases, the number of essential oil glands increases, the growth of the bark and xylem elements intensifies. The increased number of stomates and their sizes in the variant with silicon-containing microfertilizer, compared to the control samples indicates its anti-stress effect on the gypsywort plants. The established features of the anatomical structure of plants can also be important in determining the authenticity of medicinal raw materials of *Lycopus europaeus* L. plants during microscopic analysis.

Keywords: Gypsywort; *Lycopus europaeus* L.; adaptation; stomata; trichomes; microfertilizer Siliplant

For citation. Savchenko O.M., Kovalev N.I. Peculiarities of Morpho-Anatomical Structure of Gypsywort (*Lycopus europaeus* L.) in Response to Treatment with Silicon-Based Microfertilizer. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 2022, vol. 14, no. 3, pp. 40-57. DOI: 10.12731/2658-6649-2022-14-3-40-57

Введение

Систематические наблюдения за формированием и развитием органов растений позволяют своевременно, с учетом конкретных климатических условий, проводить необходимые агротехнические мероприятия, когда растения оказываются наиболее отзывчивыми, и тем самым активно воздействовать на величину и качество урожая [26].

Абиотический стресс является одним из основных ограничивающих факторов при возделывании сельскохозяйственных культур во всем мире [29]. В ходе селекционной работы, заключающейся в создании высокопродуктивных и устойчивых сортов, важны знания о механизмах устойчивости растений к стрессовым факторам. Использование морфологических признаков, связанных с проявлением устойчивости к неблагоприятным факторам окружающей среды может иметь важное значение в селекционном процессе [30].

Размер и количество устьиц, тип опушения и другие морфологические особенности эпидермы растений формируются под влиянием абиотических условий мест произрастания являются показателями, отражающими адаптационный потенциал растений [18, 24].

Поверхность листовой пластинки наиболее чувствительна к факторам среды [16]. Такой показатель, как небольшое число устьиц и их малый размер свидетельствует о чрезмерной транспирации и означает слабую приспособленность растений к условиям освещенности и влажности [6]. Крупные многочисленные устьица и проводящие пучки способствуют эффективному охлаждению поверхности путем транспирации при высоких температурах и достаточной водообеспеченности [15]. Расположенные в уровень с эпидермой или несколько приподнятые устьица характерны для мезофитов. Для мезофитов также характерно преобладание устьиц на нижней эпидерме [7]. Увеличение количества трихомов может быть следствием проявления механизма защиты листьев от перегревания, недостатка влаги и других стресс-факторов [3]. Простые и железистые трихомы участвуют в процессах терморегуляции, повышают светоотражательные свойства, сокращают испарение влаги [14].

Среди растений, используемых в тиреодиологии, интерес исследователей привлекает Зюзник европейский, (*Lycopus europaeus* L.) - многолетнее травянистое растение семейства Яснотковых (Lamiaceae), препараты из которого эффективны при профилактике и лечении патологий щитовидной железы [2, 19, 28].

Проведенные ранее работы по микроскопическому изучению травы Зюзника европейского [17, 27] имеют большее значение для выявления диагностических признаков сырья, однако не могут полностью отображать особенности адаптивных изменений эпидермы данного растения.

Известно, что экзогенная регуляция процессов роста и развития лекарственных растений с помощью микроудобрений позволяет повысить их адаптационный статус и биопродуктивность, в том числе при неблагоприятных условиях произрастания.

гоприятных погодных условиях. Особенный интерес исследователей привлекают к себе микроудобрения на основе кремния. В литературе имеются сведения о положительном влиянии кремния на гормональный баланс растений. Препараты кремния увеличивают содержание свободных ауксинов и способствуют усиленному росту корневой системы, а в условиях водного стресса обеспечивают восстановление гормонального статуса растений [9, 22]. В условиях Среднего Поволжья, характеризующегося частыми засухами, обработка кремнийсодержащим микроудобрением Силиплант семян и вегетирующих растений Расторопши пятнистой обеспечивало стабильные урожаи лекарственного сырья с высоким качеством [21].

На Зюзнике европейском ранее также было установлено положительное влияние микроудобрения Силиплант на усиление ростовых процессов и повышение биопродуктивности культуры, в том числе при неблагоприятных метеоусловиях [12, 13].

Цель настоящей работы – выявить морфо-анатомические особенности Зюзника европейского, проявившихся под влиянием экзогенной обработки растений кремниевым микроудобрением Силиплант.

Материалы и методы

Объектом исследования являлись растения Зюзника европейского, произрастающего в условиях полевого севооборота опытного поля ФГБНУ ВИЛАР. Зюзник европейский по экологической характеристике относится к прибрежно-водным гигрофитам, приуроченным к переувлажненным и аллювиальным экотопам [20].

Культивируемые растения обрабатывались в фазу бутонизации препаратом Силиплант (0,5 л/га), являющимся жидким кремнийсодержащим микроудобрением с высоким содержанием доступного кремния (не менее 7%), а также калия (1%) и микроэлементов в хелатной форме (г/л): железо – 0,30, магний – 0,10, медь – 0,70; цинк – 0,08; марганец – 0,30; молибден – 0,06; кобальт – 0,015, бор – 0,090. Контрольный вариант обрабатывался водой. Расход рабочего раствора 300 л/га.

Материал для исследований был собран в фазу массового цветения. Исследование проводилось на листовых пластинках растений второго года жизни. Листья срединной части побегов (по 10 шт.) отбирали у растений (по 5 шт. каждого варианта). Участки нижней и верхней эпидермы средней части стеблевых листьев изучались на временных препаратах. Микроморфологический анализ эпидермы нижней (абаксиальной)

и верхней (адаксиальной) поверхностей листовой пластинки проводили в 5-7 полях зрения для каждого листа при увеличении $\times 10$ и $\times 40$ светового микроскопа. Количественные показатели и длину трихом определяли при помощи окуляр-микрометра 9x Ernst Zeits Wetzlar и объект-микрометра ОМ-П с длиной основной шкалы 1 мм. Анатомические поперечные срезы стеблей в области междоузлий у трех образцов Зюзника европейского делали вручную при помощи технических лезвий. Микроскопирование срезов осуществляли после окрашивания флороглюцином в кислой среде (с добавлением концентрированной HCl) всех одревесневших элементов (главным образом, сосудов и склеренхимы) в малиновый цвет. Препараты готовили по методикам для световой микроскопии [23].

Анализ микроскопических признаков сырья, морфометрические и гистохимические исследования проводили согласно методикам Государственной фармакопеи РФ XIV издания [8] с помощью светового микроскопа ЛОМО МИКМЕД-1 и фотографировали камерой 14.0 Мп USB 2.0 C-Mount. Выборка составляла 10 измерений, статистическая обработка результатов выполнена в программе Microsoft Excel [11]. Для каждого изучаемого признака определяли его среднее значение (M), ошибку среднего (m) и коэффициент вариации (Cv%). Анатомические показатели эпидермы считаются маловариабельными, если коэффициент вариации Cv менее 20%, средневариабельными – при $Cv > 20\%$, сильновариабельными – при $Cv > 40\%$ [5]. Типы устьичных аппаратов определяли по классификации М.А. Барановой [4], описание трихом делали по методике Н.А. Анели [1].

Результаты исследования

Листовая пластинка сильно рассеченная, морщинистая, имеет жестко-волосистый тип опушения [10, 25]. Стеблевые листья прикреплены к стеблю под острым углом.

Зюзник европейский имеет устьичный комплекс диацитного типа [17, 27]. Устьица обнаружены на обеих сторонах листовой пластинки. На эпидерме растений, выращенных в полевых условиях гидатоды отсутствуют. На адаксиальной стороне количество устьиц достигает 64-76 шт/мм². На абаксиальной стороне листовой пластинки число устьиц значительно выше и превышает 400 шт/мм². В полевых условиях растения начинают проявлять некоторые свойства мезофитов: устьица расположены на одном уровне с эпидермой, в обоих вариантах наблюдается преобладание устьиц на нижней эпидерме (Таблица 1).

Таблица 1.

**Количество и размеры устьиц (на 1 мм²) на листовых пластинках растений
Зюзника европейского в связи с обработкой**

Параметры	Наименование образца			
	Контрольный вариант (обработка водой)		Силиплант (0,5 л/га)	
	Верхняя эпидерма	Нижняя эпидерма	Верхняя эпидерма	Нижняя эпидерма
Кол-во устьиц, шт/ мм ² С _у %	64,82±5,97 32,81	424,21±39,46 28,55	76,18±6,13 22,7	688,75±60,33 19,56
Длина устьиц, мкм С _д %	16,12±1,48 6,34	28,06±2,41 28,92	26,34±1,88 31,23	28,36±2,55 24,07
Ширина устьиц, мкм С _ш %	8,71±0,79 5,42	12,31±1,22 6,08	16,00±1,54 6,11	16,27±1,63 7,42

На листовых пластинках Зюзника европейского, выращенного в полевых условиях и обработанного Силиплантом устьица расположены на обеих сторонах эпидермы. Гидатоды имеются на нижней стороне листовой пластинки у верхушек зубчиков. На адаксиальной стороне количество устьиц составляет 44-82 шт/мм². На абаксиальной стороне листовой пластинки число устьиц достигает 800 шт/мм² (Таблица 1).

Увеличение количества устьиц на единицу поверхности листьев может рассматриваться как приспособление к увеличению интенсивности транспирации в условиях достаточной влагообеспеченности [7, 16]. В варианте с обработкой препаратом Силиплант увеличение количества устьиц и их размеров по сравнению с контролем свидетельствует об его антистрессовом воздействии на растения Зюзника европейского.

На верхней эпидерме культивируемых необработанных образцов Зюзника европейского обнаружены простые многоклеточные волоски нескольких типов. Трех-пятоклеточные с бородавчатой кутикулой и выраженной суставчатостью, слабо изогнутые, длиной 153,55±14,82 мкм; длинные конусовидные гладкие 6-7 клеточные волоски длиной 250-280 мкм; сосочковидные волоски в количестве 86,71±8,27 шт/мм² (Рисунок 1.1-1.3).

На нижней эпидерме культивируемых необработанных растений Зюзника европейского обнаружены простые многоклеточные волоски длиной 98-115 мкм, сосочковидные волоски 79,26±7,83 шт/мм² и одноклеточные трихомы. Обнаружены головчатые волоски в количестве 77,96±7,88 шт/мм², состоящие из короткой ножки и 1-2-клеточной головки. Железки, по-

груженные в мезофилл, найдены на верхней и на нижней эпидерме листовой пластинки необработанных образцов в количестве от 10 до 16 шт/мм² (Таблица 2, Рисунок 2).

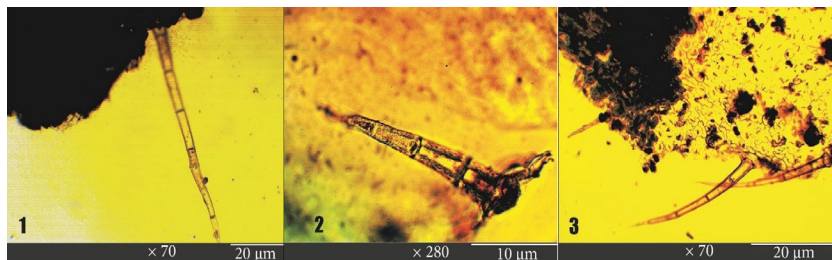


Рис. 1. Верхняя эпидерма культивируемых образцов Зюзника европейского:
1 – простые трех-пятиклеточные трихомы; 2 – трихомы с бородавчатой кутикулой и выраженной суставчатостью; 3 – слабо изогнутые конусовидные гладкие трихомы

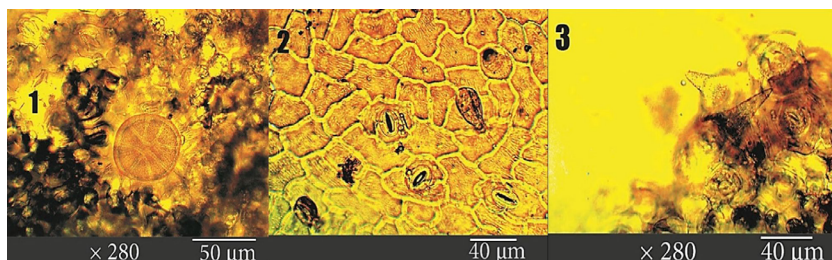


Рис. 2. Нижняя эпидерма культивируемых образцов Зюзника европейского:
1 – железки, погруженные в мезофилл; 2 – одноклеточные и сосочковидные трихомы; 3 – головчатые трихомы

На верхней и на нижней эпидерме листовых пластинок образцов, обработанных препаратом Силиплант обнаружены простые гладкие волоски, а головчатые волоски отсутствуют. На жилках и в межжилковом пространстве верхней и нижней эпидермы встречаются сосочковидные волоски 98-188 шт/мм². Железки найдены на верхней и на нижней эпидерме листовой пластинки в количестве от 22 до 26 шт/мм² диаметром 20 мкм (Таблица 2).

На эпидерме стеблей разных образцов Зюзника европейского найдены простые конусовидные волоски. Встречаются многочисленные головчатые волоски, сосочковидные выросты эпидермы и железки (Таблица 3).

Таблица 2.

**Количество и размеры трихомов и железок (на 1 мм²) на листьях растений
Зюзника европейского в связи с обработкой**

Параметры	Наименование образца листовой пластинки			
	Поле, контрольный вариант (обработка водой)		Поле, Силиплант (0,5 л/га).	
	Верхняя эпидерма	Нижняя эпидерма	Верхняя эпидерма	Нижняя эпидерма
Конусовидные гладкие трихомы, шт/мм ² Сv%	266,13±27,14	114,18±1,88	210,35±29,49	83,75±7,88
	38,26	39,00	42,38	31,55
Длина гладких трихомов, мкм Сv%	153,55±14,82	98,65±8,79	252,66±23,58	94,85±8,61
	36,23	35,67	29,16	31,04
Трихомы с боро- давчатой кутику- лой, шт/мм ² Сv%	117,23±10,96	Не обнаружены	57,72±4,65	Не обнаружены
	35,41		37,95	
Длина трихомов с бородавчатой ку- тикулой, шт/мм ² Сv%	86,75±8,14		82,51±7,88	
	40,06	39,22		
Сосочкообразные трихомы, шт/мм ² Сv%	86,71±8,27	79,26±7,83	188,03±19,05	98,15±9,34
	29,33	34,35	42,28	40,17
Головчатые трихо- мы, шт/мм ² Сv%	114,38±10,95	77,96±7,88	Не обнаружены	
	36,74	31,09		
Эфиромасличные железки, шт/мм ² Сv%	10,45±1,49	16,45±2,85	22,09±2,48	26,18±2,99
	28,66	30,54	41,05	44,27
Диаметр железок, мкм Сv%	20,35±2,48	21,07±2,95	34,06±3,88	36,16±4,02
	22,41	26,29	38,51	40,05

Стебель Зюзника европейского имеет характерную для всего семейства *Lamiaceae* четырехгранную форму. При рассмотрении поперечного среза стебля Зюзника европейского можно выделить следующие анатомо-топографические зоны: эпидерму, первичную кору, центральный цилиндр и сердцевину (Рисунок 3). Эпидерма однослойная. Кора представлена паренхимой с различным количеством рядов клеток.

В зависимости от особенностей произрастания может изменяться количество проводящих элементов ксилемы и флоэмы, а также характер и степень опушения [25].

Таблица 3.

**Количество и размеры трихомов и железок (на 1 мм²) на стеблях растений
Зюника европейского в связи с обработкой**

Параметры	Наименование образца стеблей	
	Поле, контрольный вариант (обработка водой)	Поле, Силиплант (0,5 л/га).
Конусовидные гладкие трихомы, шт/мм ² C _v %	122,81±11,96 27,53	116,11±10,55 30,45
Длина гладких трихомов, мкм C _v %	88,67±8,34 16,72	96,39±9,15 20,54
Сосочкообразные трихомы, шт/ мм ² C _v %	82,67±8,25 26,33	90,34±8,83 20,17+
Головчатые трихомы, шт/мм ² C _v %	174,08±16,95 37,84	86±8,55 31,09
Эфиромасличные железки, шт/ мм ² C _v %	9,75±1,56 26,85	23,15±2,81 24,27
Диаметр железок, мкм C _v %	20,96±2,48 22,41	26,55±2,42 30,25

У необработанного образца с полевого участка эпидерма однослойная. Ребра крупные, образованы колленхимой уголкового типа, количество рядов достигает 10. Под ней 4–5 рядов паренхимных клеток коры, причем это количество рядов сохраняется и вдоль граней. Проводящие пучки объединяются и сливаются в сплошное кольцо. Проводящие элементы ксилемы имеют сравнительно мощное развитие, из-за чего приобретают вид крупных радиальных тяжей. Паренхима сердцевины заполняет только центральную часть стебля (Рисунок 3.1).

У образца с полевого участка, обработанного препаратом Силиплант наблюдается увеличение количества рядов паренхимных клеток коры до 4–6 в области ребер, что приводит к некоторому увеличению выпуклости ребер и меньшей выраженности граней. Колленхима уголкового типа, локализована в ребрах. Отмечено увеличение проводящих элементов ксилемы, вследствие этого она приобретает вид радиальных тяжей. На границе

ксилемы и флоэмы находится тяж камбия, состоящий из 1 режы 2 рядов тонкостенных клеток, заостренных на концах и вытянутых вдоль оси стебля. Сердцевина заполнена паренхимными клетками, увеличивающимися к центру (Рисунок 3.2).

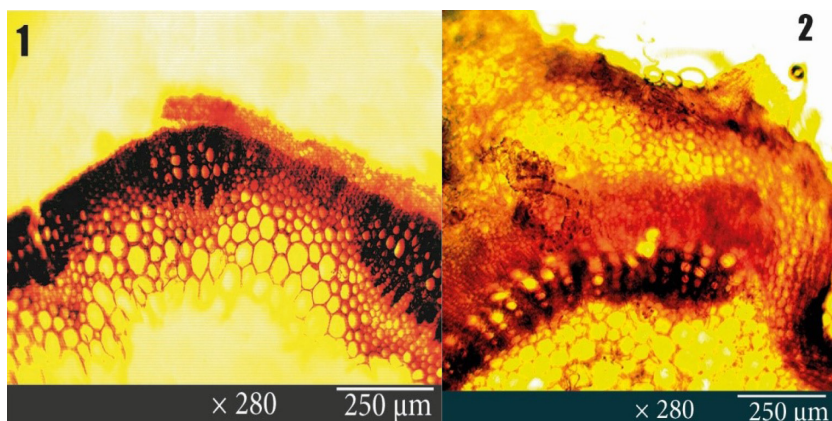


Рис. 3. Срез стебля Зюзника европейского: 1 – необработанный образец с полевого участка; 2 – образец с полевого участка, обработанный препаратом Силиплант.

Полученные в ходе исследования результаты позволяют установить особенности анатомического строения растений, произрастающих в агроценозе, а также влияние на растительный организм некорневых обработок кремнесодержащим микроудобрением.

Выводы:

В варианте с обработкой препаратом Силиплант увеличение количества устьиц и их размеров по сравнению с контролем свидетельствует об его антистрессовом воздействии на растения Зюзника европейского.

В полевых условиях опушенность растений, обработанных препаратом Силиплант достоверно ниже, чем у контрольного образца, что можно расценивать, как проявление защитных свойств данного препарата. Повышение количества эфиромасличных железок отражает потенциальное повышение эфиромасличности сырья Зюзника, данный показатель значительно выше на варианте с применением микроудобрения Силиплант (0,5 л/га), что также показывает повышение адаптационного статуса растений к неблагоприятным условиям произрастания.

Некорневая подкормка препаратом Силиплант приводит к изменению в строении стебля Зюзника европейского: способствует снижению опущенности по сравнению с прочими образцами; приводит к интенсивному росту коры и элементов ксилемы, происходит формирование мощного кольца лигнифицированных элементов по периферии.

Установленные особенности анатомического строения растений также могут иметь значение при определении подлинности лекарственного растительного сырья Зюзника в ходе микроскопического анализа.

Информация о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Работа выполнена в рамках темы НИИР «Формирование, сохранение и изучение биocolлекций генофонда различного направления с целью сохранения биоразнообразия и использования их в технологиях здоровьесбережения» (FGUU-2022-0014).

Список литературы

1. Анели Н. А. Атлас эпидермы листа. Тбилиси: Мецниереба, 1975. 108 с.
2. Атлас лекарственных растений России [Под ред. Н. И. Сидельникова] М.: ФГУП «Академический научно-издательский, производственно-полиграфический и книгораспространительский центр «Наука», 2021. С. 228-232
3. Ахкубекова А.А., Тамахина А.Я. Адаптивные признаки эпидермы листьев представителей семейства *Boraginaceae* // Известия Горского государственного аграрного университета. 2020. № 57 (2). С. 188-195.
4. Баранова М.А. Классификация морфологических типов устьиц // Ботанический журнал. 1985. № 70 (12). С. 1585-1595.
5. Бутник А.А., Тимченко О.В. Строение эпидермы листьев видов семейства *Chenopodiaceae* // Ботанический журнал. 1987. № 72 (8). С. 1021–1030.
6. Виноградова Ю.К., Григорьева О.В., Вергун Е.Н. Строение устьичного аппарата видов рода *Symphytotrichum* Nees. как дополнительный показатель их инвазивности // Российский журнал биологических инвазий. 2020. № 4. С. 34-44
7. Горлачева З. С. Анатомио-морфологическое строение листа разных образцов *Monarda × hybrida hort.* // Промышленная ботаника. 2010. № 10. С. 148-151.
8. Государственная фармакопея РФ XIV издания. Федеральная электронная медицинская библиотека Министерства здравоохранения Российской Федерации, 2018 (ФС. 5.3.0003.15, ФС.1.5.1.0002.15). URL: <http://femb.ru/feml> (дата обращения 20.01.2022)

9. Действие водного стресса и соединений кремния на содержание эндогенных фитогормонов и рост ярового ячменя / Сластя И.В., Ложникова В.Н., Кондратьева В.В., Ниловская Н.Т. // Агрохимия. 2013. № 8. С. 38-48.
10. Демьяненко Т.В., Комарницкая Е.А. Анализ строения стебля *Salvia verticillata* L. в условиях различных экотопов Кировского района г. Донецка // Изучение и сохранение биоразнообразия в ботанических садах и других интродукционных центрах: сборник материалов научной конференции с международным участием, посвященной 55-летию Донецкого ботанического сада. Донецк, 2019. С. 101-106.
11. Зайцев Г.Н. Математический анализ биологических данных. М.: Наука, 1991. 184 с.
12. Ковалев Н.И. Экзогенная мобилизация адаптивного потенциала лекарственных растений (на примере *Lycopus europaeus* L.) // Роль метаболизма в совершенствовании биотехнологических средств производства по направлению «Метабономика и качество жизни»: сборнике материалов II Международной научной конференции. Москва, 2019. С. 352-358.
13. Ковалев Н.И. Эффективность комплексного применения органо-минеральных и микроудобрений на зюзнике европейском (*Lycopus europaeus* L.) // Молодые учёные и фармация XXI века: сборник трудов шестой научной конференции с международным участием. Москва, 2018. С. 47-54.
14. Крупнов В.А. Типы устойчивости растений к насекомым и стоимость устойчивости // Аграрный вестник Юго-Востока. 2010. № 3-4 (6-7). С. 37-41.
15. Ксероморфные признаки листьев *Liriodendron tulipifera* L. (*Magnoliaceae*) в засушливом климате Центральной Азии / Акиншина Н.Г., Дусчанова Г.М., Азизов А.А., Халмурзаева А.И., Тодерич К.Н. // Вестн. Моск. Ун-та. Биология. 2020. Т. 16 (75). № 4. С. 251-257.
16. Кузнецова Т.А. Адаптационные изменения листовой поверхности *Ribes nigrum* L. в зависимости от различных условий водообеспеченности // Научные ведомости БелГУ. Серия Естественные науки. 2015. Т. 9 (206). № 3. С. 29-36.
17. Морфолого-анатомические признаки некоторых новых видов лекарственного растительного сырья. Атлас / Коняева Е.А., Алентьева О.Г., Сайбель О.Л., Даргаева Т.Д., Потанина О.Г., Мизина П.Г., Сидельников Н.И. М.: РК Салют, 2020. С. 66-70.
18. Нехайченко Д. В., Кокшеева И. М., Кислов Д. Е. Изменчивость эпидермальных структур листа *Hydrangea paniculata* (*Hydrangeaceae*) в условиях культуры // Вестник КрасГАУ. 2014ю № 12. С. 52-57.

19. Новые лекарственные средства растительного происхождения ВИЛАР / Лупанова И.А., Крепкова Л.В., Ферубко Е.В., Трумпле Т.Е., Бортникова В.В., Бабенко А.Н., Курманова Е.Н., Фатеева Т.В., Мизина П.Г., Сидельников Н.И. Москва: ФГУП «Академический научно-издательский, производственно-полиграфический и книгораспространительский центр «Наука», 2021. 160 с.
20. Особенности прорастания семян *Lycopus europaeus* L. в условиях Астраханской области / Козак М.Ф., Турдугулова Р.Т., Туржанова А.Е., Сарсекова А.Ж. // Молекулярно-генетические и фармакологические аспекты изучения ценных биологически активных компонентов: сборник материалов всероссийской научной конференции. Астрахань, 2014. С. 150-153.
21. Применение микроудобрения Силиплант на посевах расторопши пятнистой в условиях Среднего Поволжья / Мельникова Г.В., Пушкина Г.П., Бушковская Л.М., Лужнов Н.Д. // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования: сборник материалов IX Международного симпозиума. М.: РУДН, 2013. Т. 2. С. 210-215.
22. Сластя И.В., Ложникова В.Н. Влияние кремния на рост растений и баланс эндогенных фитогормонов ярового ячменя // Агрехимия. 2010. № 3. С. 34-39.
23. Справочник по ботанической микротехнике. Основы и методы / Барыкина Р.П., Веселова Т.Д., Девятков А.Г., Джалилова Х.Х., Ильина Г.М., Чубатова Н.В. М.: Изд-во МГУ, 2004. 312 с.
24. Тамахина А.Я., Гадиева А.А. Морфология выделительной ткани листьев и вторичные метаболиты некоторых представителей рода *Inula* // Юг России: экология, развитие. 2017. № 12 (3). С. 53-63.
25. Федоров А.А., Кирпичников М.Э., Артюшенко З.Т. Атлас по описательной морфологии высших растений. Лист. М- Л.: Наука, 1956. 312 с.
26. Черятова Ю.С. Применение морфофизиологического анализа в растениеводстве. // Инженерное обеспечение в реализации социально-экономических и экологических программ АПК: сборник материалов Международной научно-практической конференции. Курган, 2021. С. 365-368.
27. Шелухина Н.А., Баева В.М., Сокольская Т.А. Микроскопическое изучение травы зюзника европейского (*Lycopus europeus* L.) // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 2012. № 2. С. 23-26.
28. Beer A.-M., Wiebelitz K.R., Schmidt-Gayk H. *Lycopus europaeus* (Gypsywort): Effects on the thyroidal parameters and symptoms associated with thyroid function // Phytomedicine. 2008. Vol. 15. P. 16-22.
29. Genome-wide comparative analysis of long-chain acyl-CoA synthetases (LACSS) gene family: A focus on identification, evolution and expression pro-

- filing related to lipid synthesis / Asma Ayaz, Saddam Saqib, Haodong Huang, Wajid Zaman, Shiyou Lü, Huayan Zhao // *Plant Physiology and Biochemistry*. 2021. Vol. 161. P. 1-11 <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2021.01.042>
30. Lonbani M., Arzani A. Morpho-physiological traits associated with terminal droughtstress tolerance in triticale and wheat // *Agronomy Research*. 2011. Vol. 9 (1–2). P. 315–329

References

1. Aneli N.A. *Atlas epidermy lista* [Atlas of the leaf epidermis], Tbilisi: Metsniereba, 1975, 108 p.
2. *Atlas lekarstvennyh rastenij Rossii* [Atlas of medicinal plants of Russia]. Moscow: Federal State Unitary Enterprise “Academic Scientific Publishing, Production, Printing and Book Distribution Center “Nauka”, 2021, 646 p.
3. Ahkubekova A.A., Tamahina A.Ya. *Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2020, no. 57 (2), pp. 188-195.
4. Baranova M.A. *Botanicheskij zhurnal* [Botanical Journal], 1985, no. 70 (12), pp. 1585-1595.
5. Butnik A.A., Timchenko O.V. *Botanicheskij zhurnal* [Botanical Journal], 1987, no. 72 (8), pp. 1021-1030.
6. Vinogradova Yu. K., Grigor’eva O. V., Vergun E. N. *Rossijskij zhurnal biologicheskikh invazij* [Russian Journal of biological invasions], 2020, no. 4, pp. 34-44.
7. Gorlacheva Z.S. *Promyshlennaya botanika* [Industrial botany], 2010, no. 10, pp. 148-151.
8. *Gosudarstvennaya Farmakopeya Rossijskoj Federacii XIV* [State Pharmacopoeia of the Russian Federation XIV edition], Moscow, 2018. <http://femb.ru/feml> (accepted January 20, 2022)
9. Slastyia I.V., Lozhnikova V.N., Kondratieva V.V., Nilovskaya N.T. *Agrohimiya* [Agrochemistry], 2013, no. 8, pp. 38-48.
10. Demyanenko T.V., Komarnitskaya E.A. *Izuchenie i sohranenie bioraznoobraziya v botanicheskikh sadah i drugih introdukcionnyh centrakh: sbornik materialov nauchnoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem, posvyashchennoj 55-letiyu Doneckogo botanicheskogo sada* [Study and conservation of biodiversity in botanical gardens and other introduction centers. Materials of the scientific conference with international participation dedicated to the 55th anniversary of the Donetsk Botanical Garden], Donetsk, 2019, pp. 101-106.
11. Zajcev G.N.. *Matematicheskij analiz biologicheskikh dannyh* [Mathematical analysis of biological data]. Moscow; Nauka, 1991, 184 p.

12. Kovalev N.I. *Rol' metabolomiki v sovershenstvovanii biotekhnologicheskikh sredstv proizvodstva po napravleniyu "Metabolomika i kachestvo zhizni": sbornik materialov II Mezhdunarodnoy nauchnoy konferencii* [II International Scientific Conference "The role of metabolomics in the improvement of biotechnological means of production" in the direction of "Metabolomics and quality of life"] Moscow, 2019, pp. 352-358.
13. Kovalev N.I. *Molodye uchyonye i farmaciya XXI veka: sbornik trudov shestoj nauchnoy konferenciya s mezhdunarodnym uchastiem* [In: Young scientists and pharmacy of the XXI century. Proceedings of the sixth scientific conference with international participation], Moscow, 2018, pp. 47-54.
14. Krupnov V.A. *Agrarnyy vestnik Yugo-Vostoka* [Agrarian Bulletin of the South-East], 2010, no. 3-4 (6-7), pp. 37-41.
15. Akinshina N.G., Duschanova G.M., Azizov A.A., Khalmurzaeva A.I., Toderich K.N. *Vestn. Mosk. Un-ta. Biologiya* [Vestn. Moscow University. Biology], 2020, vol. 16 (75), no. 4, pp. 251-257.
16. Kuznetsova T.A. *Nauchnye vedomosti BelGU. Seriya Estestvennyye nauki* [Scientific bulletin of BelSU. Natural Sciences series], 2015, vol. 9 (206), no. 3, pp. 29-36.
17. Konyaeva E.A., Alentyeva O.G., Saibel O.L., Dargaeva T.D., Potanina O.G., Mizina P.G., Sidelnikov N.I. *Morfologo-anatomicheskie priznaki nekotorykh novykh vidov lekarstvennogo rastitel'nogo syr'ya* [Morphological and anatomical signs of some new types of medicinal plant raw materials], Moscow, 2020, pp. 66-70.
18. Nekhajchenko D. V., Koksheeva I. M., Kislov D. E. *Vestnik KrasGAU*, 2014, no. 12, pp 52-57.
19. *Novyye lekarstvennyye sredstva rastitel'nogo proiskhozhdeniya VILAR* [New medicinal products of plant origin VILAR]. Moscow: Federal State Unitary Enterprise "Academic Scientific Publishing, Production, Printing and book Distribution Center "Nauka", 2021, 160 p.
20. Kozak M.F., Turdugulova R.T., Turzhanova A. Ye., Sarsekova A. Zh. *Molekulyarno-geneticheskie i farmakologicheskie aspekty izucheniya cennykh biologicheskikh aktivnykh komponentov: materialy vserossiyskoy nauchnoy konferencii* [Molecular-genetic and pharmacological aspects of the study of valuable biologically active components: materials of the All-Russian scientific conference], Astrakhan, 2014, pp. 150-153.
21. Melnikova G.V., Pushkina G.P., Bushkovskaya L.M., Luzhnov N.D. *Materialy IX Mezhdunarodnogo simpoziuma: «Novyye i netraditsionnyye rasteniya i perspektivy ih ispol'zovaniya»* [Proceedings of the IX International Symposium: "New and unconventional plants and prospects for their use"], Moscow: RUDN, 2013, vol. 2, pp. 210-215.

22. Slastyia I.V., Lozhnikova V.N. *Agrohimiya* [Agrochemistry], 2010, no. 3, pp. 34-39.
23. Barykina R.P., Veselova T.D., Devyatov A.G., Dzhaliilova H.H., Il'ina G.M., Chubatova N.V. *Spravochnik po botanicheskoy mikrotekhnike. Osnovy i metody* [Reference book on Botanical micro-technology. Fundamentals and methods], Moscow: MSU Publishing House, 2004, 312 p.
24. Tamakhina A. Ya., Gadieva A. A. *Yug Rossii: ekologiya, razvitie* [South of Russia: ecology, development], 2017, no. 12 (3), pp. 53-63.
25. Fedorov A.A., Kirpichnikov M.E., Artyushenko Z.T. *Atlas po opisatel'noj morfologii vysshih rastenij. List* [Atlas of descriptive morphology of higher plants. Leaf], M.-L.: Science, 1956, 312 p.
26. Cheryatova Yu. S. *Inzhenernoe obespechenie v realizacii social'no-ekonomicheskikh i ekologicheskikh programm APK: sbornik materialov Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii* [Engineering support in the implementation of socio-economic and environmental programs of the agro-industrial complex. In: Materials of the International scientific and practical Conference]. Kurgan, 2021, pp. 365-368.
27. Shelukhina N.A., Baeva V.M., Sokolskaya T.A. *Voprosy biologicheskoy, medicinskoj i farmacevticheskoy himii* [Questions of biological, medical and pharmaceutical chemistry], 2012, no. 2, pp. 23-26.
28. Beer A.-M., Wiebelitz K.R., Schmidt-Gayk H. *Phytomedicine* 2008, no. 15, pp. 16-22.
29. Asma Ayaz, Saddam Saqib, Haodong Huang, Wajid Zaman, Shiyou Lü, Huayan Zhao. *Plant Physiology and Biochemistry* 2021, no. 161, pp. 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2021.01.042>
30. Lonbani M. Arzani A. *Agronomy Research* 2011, no. 9 (1–2), pp. 315–329.

ДАнные ОБ АВТОРАХ

Савченко Ольга Михайловна, канд. с.-х. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории агробиологии
ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений (ВИЛАР)
ул. Грина, 7, г. Москва, 117216, Российская Федерация
nordfenugreek@gmail.com

Ковалев Никита Игоревич, канд. с.-х. наук, старший научный сотрудник лаборатории агробиологии
ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений (ВИЛАР)
ул. Грина, 7, г. Москва, 117216, Российская Федерация
kovalevteam@mail.ru

DATA ABOUT THE AUTORS

Olga M. Savchenko, Cand. Sci. (Agricult.), Leading Researcher of the Laboratory of Agrobiology

All-Russian Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants (VI-LAR)

7, Grina Str., Moscow, 117216, Russian Federation

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3054-1719>

nordfenugreek@gmail.com

Nikita I. Kovalev, Cand. Sci. (Agricult.), Senior Researcher of the Laboratory of Agrobiology

All-Russian Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants (VI-LAR)

7, Grina Str., Moscow, 117216, Russian Federation

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9169-9608>

kovalevteam@mail.ru

Поступила 22.03.2022

После рецензирования 30.03.2022

Принята 05.04.2022

Received 22.03.2022

Revised 30.03.2022

Accepted 05.04.2022