

Научная статья

УДК 633.812:665.527.546631.52

DOI: 10.25230/2412-608X-2021-4-188-41-52

Количество железистых трихом на цветоносах соцветия лаванды узколистной как дополнительный селекционный признак эфиромасличности

Сергей Викторович Зеленцов
Елена Валентиновна Мошненко
Татьяна Павловна Шуваева
Ирина Владимировна Гайтотина

ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК
Россия, 350038, г. Краснодар, ул. им. Филатова, д. 17
soya@vniimk.ru

Артем Александрович Куров

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина»
Россия, 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, д. 13

Ключевые слова: лаванда узколистная, соцветие, цветонос, чашечка, эфирное масло, пельтатные железистые трихомы

Для цитирования: Зеленцов С.В., Мошненко Е.В., Шуваева Т.П., Гайтотина И.В., Куров А.А. Количество железистых трихом на цветоносах соцветия лаванды узколистной как дополнительный селекционный признак эфиромасличности // Масличные культуры. 2021. Вып. 4 (188). С. 41–52.

Аннотация. Основным вместилищем эфирного масла у лаванды узколистной являются пельтатные железистые трихомы чашечек в мутовках соцветий. Их средний размер составляет 175 ± 25 мкм, в отдельных случаях – до 250 мкм. Для экстракции лавандового масла используются не только чашечки, а соцветия целиком, включая цветоносные побеги. Поверхность цветоносов лаванды также покрыта пельтатными железистыми трихомами. Однако их вклад в общий объём эфирного масла в соцветии практически никогда не определялся. Целью настоящих исследований было изучение плотности распределения железистых трихом в соцветии и определение доли вклада цветоносных трихом в формирование эфирного масла в соцветии. Исследования проводили в 2021 г. на базе

ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК в двух эколого-географических пунктах Краснодарского края. Объектом исследования служили сорта лаванды узколистной Вознесенская 34, Ранняя, Южанка и Вознесенская Арома. Установлено, что размер железистых трихом на цветоносах лаванды узколистной составляет 90 ± 15 мкм. Их количество на цветоносах, в зависимости от сорта, варьирует от 2141 до 3003 шт. Плотность распределения железистых трихом по поверхности цветоносов $8,60–14,93$ шт./мм³. Общий объём эфирного масла во всех железистых трихомах цветоносов $0,41–0,57$ мм³. Общий объём эфирного масла в соцветиях варьировал от 2,28 до 5,15 мм³. Доля эфирного масла в железистых трихомах цветоносов по отношению ко всему соцветию составляла от 9,33 до 19,56 %. Сделан вывод, что пельтатные железистые трихомы на цветоносных осях вносят заметный вклад в эфиромасличность соцветий лаванды. Для селекции лаванды узколистной на увеличение эфиромасличности и сборов эфирного масла предложен дополнительный селекционный признак – количество железистых трихом на поверхности цветоносов, которое может регулироваться изменением их плотности распределения на поверхности цветоносов или увеличением длины соцветий.

UDC 633.812:665.527.546631.52

The number of glandular trichomes on the peduncles of true lavender inflorescences as an additional breeding trait for essential oil.

S.V. Zelentsov, head of the department, main researcher, doctor of agriculture, corr. member of RAS

E.V. Moshnenko, leading researcher, PhD in biology

T.P. Shuvaeva, director of Voznesensky branch, PhD in agriculture

I.V. Gaytotina, junior researcher, analyst

V.S. Pustovoi All-Russian Research Institute of Oil Crops

17 Filatova str., Krasnodar, 350038, Russia
soya@vniimk.ru

A.A. Kurov, student

Kuban State Agrarian University named after Trubilin I.T.
13 Kalinina str., Krasnodar, 350044, Russia

Key words: true lavender, inflorescence, peduncle, calix, essential oil, peltate glandular trichomes

Abstract. The main receptacle of essential oil in true lavender is the peltate glandular trichomes of the calyxes in the whorls of the inflorescences. Their average size is 175 ± 25 μm, in some cases – up to 250 μm. For the extraction of lavender oil, not only the calyxes are used, but the whole inflorescences including the flowering shoots. The surface of the peduncles of lavender inflorescences is also covered with peltate

glandular trichomes. However, their contribution to the total volume of essential oil in the inflorescence has almost never been determined. The aim of this research was to study the distribution density of glandular trichomes within the inflorescence and to determine the proportion of the contribution of flowering trichomes to the formation of essential oil in the inflorescence. The research was carried out in 2021 on the basis of the V.S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil Crops in two ecological and geographical points of the Krasnodar region. The object of the study was the true lavender varieties Voznesenskaya 34, Rannyaya, Yuzhanka and Voznesenskaya Aroma. It was found that the size of glandular trichomes on peduncles of true lavender is $90 \pm 15 \mu\text{m}$. Their number on peduncles, depending on the variety, varies from 2141 to 3003 pcs. The density of distribution of glandular trichomes on the surface of peduncles is equal to 8.60–14.93 pcs/mm³. The total volume of essential oil in all glandular trichomes of peduncles is 0.41–0.57 mm³. The total volume of essential oil in the inflorescences varied from 2.28 to 5.15 mm³. The share of essential oil in the glandular trichomes of the peduncles in relation to the entire inflorescence ranged from 9.33 to 19.56%. It is concluded that peltate glandular trichomes on flower-bearing axes make a significant contribution to the essential oil content of lavender inflorescences. For the selection of true lavender to increase the essential oil content and the yield of essential oil, an additional selection trait is proposed – the amount of glandular trichomes on the surface of peduncles, which can be regulated by changing their distribution density on the surface of peduncles, or increasing the length of inflorescences.

Введение. Главное производственное сырьё лаванды узколистной – соцветия, в которых содержится эфирное лавандовое масло. Поэтому при селекции лаванды на урожайность соцветий и сбор эфирного масла преимущества имеют формы растений с большим количеством цветоносных побегов с многоцветковыми соцветиями [1; 2]. При этом главным и практически единственным органом лаванды, накапливающим эфирное масло, являются восьмиклеточные полусферические эфиромасличные вместилища, представляющие собой специализированные выросты кутикулы. Эти вместилища имеют несколько синонимичных названий: железистые или секреторные трихомы, железистые волоски, эфирномасличные желёзки. В ботанической морфологии наиболее часто употребляется термин

«железистые трихомы», который и будет использоваться в нашей работе. По полукруглой, слегка приплюснутой форме такой тип трихом получил название пельтатные (чешуевидные) [3; 4; 5; 6] (рис. 1). Также известны единичные сообщения об обнаружении хранилищ эфирного масла в палисадных клетках мезофилла листа лаванды узколистной [7].

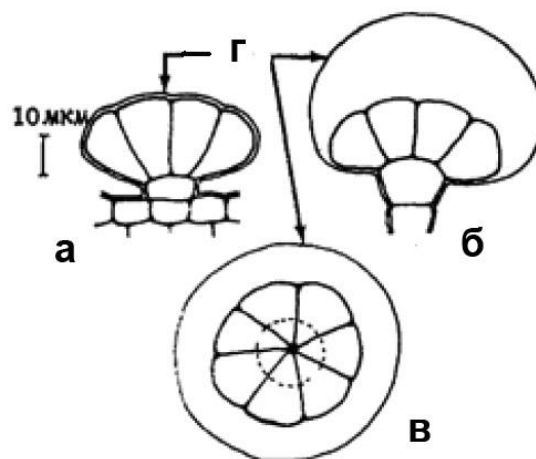


Рисунок 1 – Анатомическое строение пельтатной железистой трихомы лаванды узколистной с молодой нерастянутой (а) и растянутой (б, в) накопившимся эфирным маслом кутикульной оболочкой (г) (цит. по: [6])

Помимо железистых трихом на соцветиях, а также на всех вегетативных частях лаванды узколистной, в большом количестве присутствуют нежелезистые ветвистые волоски (звездчатые трихомы), формирующие опушение растений [2]. Однако эфирного масла эти трихомы не накапливают, и их хозяйственная полезность выражается лишь в защите железистых трихом от механических повреждений при уборке и транспортировке [8].

Основное количество эфиромаслических железистых трихом расположено на цилиндрических, ребристых, слегка расширенных в средней части, пятизубчатых чашечках цветков соцветия. Самые крупные железистые трихомы расположены в межрёберных пространствах чашечек [2;

8]. По их количеству отчасти можно судить об эфиромасличности цветков [5].

Повышенное содержание эфирного масла в соцветиях лаванды узколистной может определяться дополнительным формированием более мелких железок на рёбрах чашечек. Однако их открытое расположение повышает вероятность механического травмирования за счёт ударных или тёрочных контактов с другими соцветиями или предметами при уборке. Повышенная сохранность железистых трихом на рёбрах чашечек в таких случаях может достигаться генетически детерминированной густой опушенностью чашечек [8].

Кроме соцветий, эфиросодержащие железистые трихомы у лаванды узколистной формируются на поверхности всех надземных частей растений [2]. Однако хозяйственное значение имеют только соцветия, которые убирают в фазе полного цветения. Соответственно, для экстракции эфирного масла используют соцветия целиком, не только чашечки, но и сами цветоносные побеги, на которых расположены мутовки с цветками [2; 3]. Однако вклад в общий сбор эфирного масла эфиросодержащих железистых трихом на цветоносных осях соцветия практически никогда не определялся. Лишь традиционно указывается, что максимальное количество эфирного масла накапливается в соцветиях лаванды – до 3,5–4,5 %, а содержание эфирного масла в побегах, в том числе и в цветоносах – до 0,2 % [9].

При этом факт наличия железистых трихом на цветоносах давно известен. А если учесть, что в пределах вида лаванды узколистной очень изменчив признак длины соцветий, которые варьируют от коротких (4–8 см) до длинных (16–28 см) [2; 10], то и суммарное количество содержащих эфирное масло трихом на цветоносных осях может быть различным. Поэтому целью настоящей работы было изучение количества и плотности распределения железистых трихом в пределах соцветия и определение доли вклада цве-

тоносных трихом в формирование эфирного масла в соцветии.

Материалы и методы. Исследования проводили в 2021 г. в двух эколого-географических пунктах: на базе Вознесенского филиала ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК в п. Розовом Лабинского района Краснодарского края, расположенного в предгорной зоне северного склона Главного Кавказского хребта. и на центральной экспериментальной базе (ЦЭБ) ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, г. Краснодар, расположенной в южной части Кубано-Приазовской низменности. Объектом исследования служили соцветия лаванды узколистной сортов Вознесенская 34, Ранняя, Южанка и Вознесенская Арома. На базе Вознесенского филиала возраст растений сортов Вознесенская 34, Ранняя и Южанка – 9 лет, возраст нового сорта Вознесенская Арома – 3 года. На базе ЦЭБ ВНИИМК возраст растений всех сортов – 2 года.

На обоих эколого-географических участках размножения изучаемых сортов в трех повторностях рендомизированно отбирали типичные соцветия каждого сорта в фазе полного цветения. В лаборатории проводили необходимые измерения и подсчёт всех пельтатных железистых трихом в межрёберных пространствах и на рёбрах всех чашечек мутовок, а также на всей поверхности анализируемых цветоносов соцветий. Для подсчёта, определения размеров и фотофиксации железистых трихом использовали цифровой USB микроскоп Inscam 315. В зависимости от размеров изучаемых микрообъектов использовали увеличения от $\times 25$ до $\times 160$.

Исходя из полусферической формы железистых трихом, расчёты объёмов эфирного масла в них проводили путём определения диаметра и радиуса 100 трихом у всех сортов, отдельно на чашечках и на цветоносах. Полученные величины использовали для вычисления объёма полусферы по классической формуле Архимеда: $\frac{2}{3}\pi r^3$. В связи с тем, что в наших исследованиях средний диаметр пельтат-

ных железистых трихом у лаванды узколистной в межрёберных пространствах чашечек составлял 175 ± 25 мкм, а на цветоносах – 90 ± 15 мкм, с ошибками выборочных средних на уровне 14–16 %, вдвоенная толщина наружных кутикульных оболочек, составляющая не более 1,2–2,2 % от общего диаметра трихом, принималась несущественной и в расчётах объёмов не учитывалась.

Результаты и обсуждение. Размер крупных железистых трихом, расположенных между рёбрами чашечки, у всех четырёх изучаемых сортов лаванды узколистной составлял 175 ± 25 мкм, в отдельных случаях – до 250 мкм. Размер более мелких железистых трихом, расположенных на рёбрах чашечки, варьировал от 80 до 100 мкм. При этом средние размеры железистых трихом в межрёберных пространствах и на рёбрах чашечки в наших исследованиях не зависели от сорта, возраста растений и эколого-географических условий произрастания. Вся поверхность чашечек у всех изучаемых сортов была густо покрыта нежелезистыми звездчатыми трихомами, формирующими плотное опушение (рис. 2).

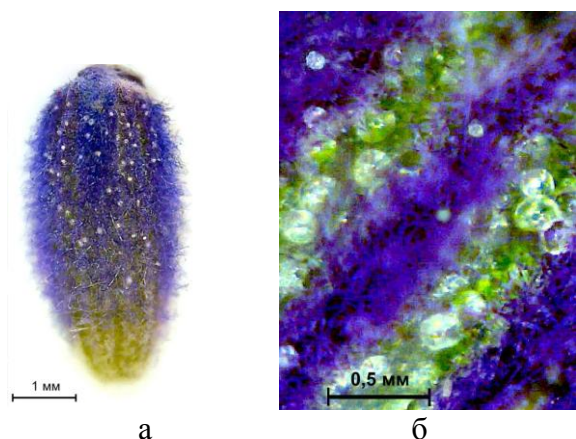


Рисунок 2 – Чашечка лаванды узколистной с пельтатными железистыми трихомами, сорт Вознесенская Арома (ориг.):
а – общий вид опушённой чашечки с мелкими железистыми трихомами на рёбрах, $\times 25$;
б – фрагмент чашечки лаванды с расположенными в межрёберном пространстве (зелёные участки) крупными железистыми трихомами, $\times 80$

Поверхность цветоносов всех четырех исследуемых сортов лаванды узколистной также была покрыта обоими типами трихом. Однако густота опушения, формируемая нежелезистыми звездчатыми трихомами, в отличие от расположенных на чашечках, была выражена намного меньше, с наличием многочисленных свободных от звездчатых трихом участков поверхности (рис. 3).



Рисунок 3 – Фрагмент боковой поверхности цветоносной оси лаванды узколистной с пельтатными железистыми и звездчатыми нежелезистыми трихомами, сорт Вознесенская Арома, $\times 50$ (ориг.)

Размер трихом на цветоносных побегах у всех изучаемых сортов лаванды узколистной в среднем составлял около 90 ± 15 мкм. В фазах бутонизации и начала цветения форма пельтатных трихом полусферическая, в фазах полного цветения и максимального накопления эфирного масла – угловато-полусферическая, на более поздних этапах – угловато-полусфероидная (рис. 4).

Толщину кутикулы у пельтатных железистых трихом лаванды узколистной имеющимися техническими средствами измерить не удалось. Также не удалось

обнаружить эту информацию в специализированной литературе. Однако известна толщина первичных клеточных оболочек растительных клеток, включая кутикулу, у подавляющего большинства цветковых растений составляющая 0,1–0,5 мкм. В процессе своего развития толщина клеточных оболочек ряда специализированных растительных тканей может увеличиться до 10–12 мкм [11; 12]. Однако известный факт растяжения оболочек пельтатных трихом при накоплении в них эфирного масла, а также сведения о толщине кутикулы пельтатных трихом у других цветковых растений, составляющей 0,9–1,0 мкм [4], позволяют предположить, что толщина оболочки железистых трихом у лаванды узколистной также будет близка к таким значениям.



Рисунок 4 – Форма и размер пельтатной железистой (а) и звездчатой нежелезистой (б) трихом на поверхности цветоносного побега лаванды узколистной в конце фазы цветения соцветия, $\times 160$ (ориг.)

Плотность распределения пельтатных железистых трихом и объёмы эфирного масла в них в соцветиях разновозрастных растений лаванды узколистной сортов Ранняя, Южанка, Вознесенская 34 и Вознесенская Арома, произрастающих в двух отличающихся эколого-географических пунктах, представлена в таблицах 1 и 2.

Так, в предгорных условиях Вознесенского филиала ВНИИМК у сорта-стандарта Вознесенская 34 длина цветоносов

в среднем составляла 31,0 см. У сортов Ранняя и Южанка этот показатель равнялся 24,3 и 27,2 см соответственно. У нового сорта Вознесенская Арома в этих климатических условиях длина цветоносов в среднем была 26,8 см (табл. 1).

Таблица 1

Количество, плотность распределения и объёмы эфирного масла в пельтатных железистых трихомах соцветий лаванды узколистной в условиях предгорной зоны Главного Кавказского хребта

Вознесенский филиал ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, 2021 г.

Признак	Сорт			
	Вознесенская 34 (ст.)	Ранняя	Южанка	Вознесенская Арома
Длина цветоноса, см	31,0 ± 2,25	24,3 ± 1,67	27,2 ± 0,33	26,8 ± 3,09
Кол-во чашечек в соцветии, шт.	34,7 ± 3,53	24,0 ± 1,15	41,32 ± 0,88	48,3 ± 9,77
Железистые трихомы чашечек:	–	–	–	–
кол-во трихом на 1 чашечку, шт.	43,33 ± 1,71	55,27 ± 1,20	40,80 ± 2,82	6,30 ± 4,40
кол-во трихом во всех чашечках соцветия, шт.	1498 ± 141	1329 ± 93	1691 ± 155	3261 ± 801
объём эфирного масла в трихомах 1 чашечки, мм ³	0,06 ± 0,000	0,08 ± 0,003	0,06 ± 0,000	0,09 ± 0,010
объём эфирного масла в трихомах всех чашечек соцветия, мм ³	2,10 ± 0,20	1,87 ± 0,13	2,37 ± 0,22	4,57 ± 0,20
Железистые трихомы цветоносной оси соцветия:	–	–	–	–
кол-во трихом на всём цветоносной оси, шт.	2697 ± 325	2349 ± 200	2337 ± 221	3003 ± 219
плотность трихом на цветоносе, шт./мм ²	8,63 ± 0,46	9,63 ± 0,20	8,60 ± 0,75	1,27 ± 0,41
Объём эфирного масла во всех трихомах цветоноса, мм ³	0,51 ± 0,06	0,45 ± 0,04	0,45 ± 0,04	0,57 ± 0,04
Общий объём эфирного масла в соцветии, мм ³	2,61 ± 0,26	2,31 ± 0,16	2,82 ± 0,26	5,15 ± 1,16
Доля эфирного масла в железистых трихомах цветоноса ко всему соцветию, %	19,59 ± 0,50	19,36 ± 0,91	15,84 ± 0,68	2,06 ± 2,20

При этом количество чашечек на 1 цветонос у сорта-стандарта Вознесенская 34 составляло 34,7 шт., у сортов Ранняя и

Южанка 24,0 и 41,32 шт. соответственно. У нового высокоэфиромасличного сорта Вознесенская Арома количество чашечек в соцветии было максимальным и достигало 48,3 шт.

Прямой подсчёт пельтатных железистых трихом в чашечках этих сортов показал, что у сорта-стандарта Вознесенская 34 их среднее количество в одной чашечке составило 43,33 шт. Общее среднее количество железистых трихом во всех чашечках соцветия этого сорта – 1498 шт. Объём эфирного масла в трихомах одной чашечки в среднем составило 0,06 мм³, общий объём эфирного масла в трихомах всех чашечек соцветия – 2,10 мм³.

У сорта Ранняя количество железистых трихом в одной чашечке оказалось выше, чем у сорта-стандарта, и достигло 55,27 шт. Однако общее количество железистых трихом во всех чашечках соцветия у этого сорта было пониженным – 1329 шт. При этом объём эфирного масла в трихомах одной чашечки в среднем оказался выше и достиг 0,08 мм³. Однако из-за пониженного, относительно сорта-стандарта, количества чашечек в соцветии общий объём эфирного масла в трихомах всех чашечек соцветия у этого сорта составил всего 1,87 мм³.

У сорта Южанка эти же показатели оказались выше, чем у сорта-стандарта: среднее количество трихом на 1 чашечку – 40,80 шт.; среднее количество трихом во всех чашечках соцветия – 1691 шт. Объём эфирного масла на одну чашечку практически не отличался от этого показателя у сорта Вознесенская 34. Однако общий объём эфирного масла превысил стандарт на 13 % и составил 2,37 мм³.

Новый сорт Вознесенская Арома в предгорных условиях по всем показателям превышал не только сорт-стандарт, но и остальные сорта. Количество железистых трихом в одной чашечке этого сорта было максимальным – 66,30 шт. Общее количество железистых трихом во всех чашечках соцветия более чем в два раза превышало этот показатель у сорта-

стандарта и в среднем составило 3261 шт. Объём эфирного масла в трихомах одной чашечки также оказался самым высоким – 0,09 мм³. В целом увеличенное количество чашечек и железистых трихом на них повлекло за собой более чем двойное, по сравнению с сортом-стандартом, увеличение – в среднем до 4,57 мм³ общего объёма эфирного масла в трихомах всех чашечек соцветия сорта Вознесенская Арома.

Особый интерес в наших исследованиях представляли ранее практически не изучавшиеся количество, плотность распределения, а также суммарная эфиромасличная продуктивность пельтатных железистых трихом, сформировавшихся вне чашечек, на поверхности цветоносов соцветий.

Так, в условиях предгорной зоны количество железистых трихом на цветоносной оси соцветия сорта-стандарта Вознесенская 34 достигало 2697 325 шт. при плотности их расположения на цветоносе в среднем на уровне 8,63 шт./мм². При этом общий объём эфирного масла во всех железистых трихомах цветоноса достигал 0,51 мм³. Общий объём эфирного масла во всех железистых трихомах чашечек и цветоноса соцветия у этого сорта составил 2,61 мм³. При этом доля эфирного масла в железистых трихомах цветоносной оси по отношению ко всему соцветию достигала 19,59 %.

Общее количество железистых трихом на цветоносных осях у сортов Ранняя и Южанка в среднем составляло 2349 и 2337 шт. соответственно. Плотность железистых трихом на цветоносах у сорта Ранняя превышала этот же показатель у сорта-стандарта на 1 шт. и в среднем достигла 9,63 шт. У сорта Южанка этот показатель практически не отличался от стандарта – 8,60 шт. При этом из-за пониженного количества железистых трихом на цветоносах у сортов Ранняя и Южанка общие объёмы эфирного масла в трихомах цветоносов у этих сортов ока-

зались на $0,06 \text{ мм}^3$ ниже стандарта, составив в среднем около $0,45 \text{ мм}^3$.

Общий объём эфирного масла во всех железистых трихомах чашечек и цветоноса соцветия у сорта Ранняя составил $2,31 \text{ мм}^3$. Доля эфирного масла в железистых трихомах цветоносной оси по отношению ко всему соцветию оказалась близка к сорту-стандарту – $19,36 \%$. У сорта Южанка эти показатели составили соответственно $2,82 \text{ мм}^3$ и $15,84 \%$.

Новый высокоэфиромасличный сорт Вознесенская Арома, как и в случае с количеством железистых трихом в чашечках, превысил по всем показателям все остальные сорта. Общее количество железистых трихом на цветоносах этого сорта составило 3003 шт. При этом средняя плотность размещения железистых трихом на поверхности цветоноса достигла $11,27 \text{ шт./мм}^3$, что на $2,64 \text{ шт./мм}^3$ превышало этот показатель у сорта-стандарта. Объём эфирного масла во всех железистых трихомах цветоносов у этого сорта также превышал все остальные сорта, достигнув средних значений $0,57 \text{ мм}^3$. Общий объём эфирного масла во всех железистых трихомах чашечек и цветоноса соцветия у сорта Вознесенская Арома также оказался рекордно высоким, в два раза превысив остальные сорта, – $5,15 \text{ мм}^3$. Однако из-за того, что в соцветиях этого сорта было выявлено максимальное количество чашечек с повышенными объёмами эфирного масла, доля эфирного масла в железистых трихомах цветоносной оси по отношению ко всему соцветию оказалась ниже и составила всего $12,06 \%$

В аналогичных исследованиях на ЦЭБ ВНИИМК в центральной степной части Краснодарского края у сорта-стандарта Вознесенская 34 длина цветоносов сформировалась более короткой по сравнению с предгорными условиями Вознесенского филиала и в среднем составляла всего $21,5 \text{ см}$. У сортов Ранняя, Южанка и Вознесенская Арома средние значения этого

же показателя также снизились, составив $21,0$, $19,7$ и $20,3 \text{ см}$ соответственно (табл. 2).

Таблица 2

Количество, плотность распределения и объёмы эфирного масла в пельтатных железистых трихомах соцветий лаванды узколистной в южной части Кубано-Приазовской низменности

ЦЭБ ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, 2021 г.

Признак	Сорт			
	Вознесенская 34 (st.)	Ранняя	Южанка	Вознесенская Арома
Длина цветоноса, см	$21,5 \pm 0,87$	$21,0 \pm 0,76$	$19,7 \pm 1,17$	$20,3 \pm 0,60$
Кол-во чашечек в соцветии, шт.	$24,3 \pm 2,96$	$28,0 \pm 2,00$	$29,3 \pm 4,91$	$38,3 \pm 3,76$
Железистые трихомы чашечек:	–	–	–	–
кол-во трихом на чашечку, шт.	$57,53 \pm 13,62$	$66,60 \pm 13,52$	$76,80 \pm 6,67$	$82,37 \pm 22,89$
кол-во трихом во всех чашечках соцветия, шт.	1337 ± 190	1887 ± 463	2318 ± 600	3017 ± 564
объём эфирного масла в трихомах 1 чашечки, мм^3	$0,08 \pm 0,020$	$0,09 \pm 0,019$	$0,11 \pm 0,012$	$0,12 \pm 0,032$
объём эфирного масла в трихомах всех чашечек соцветия, мм^3	$1,88 \pm 0,27$	$2,65 \pm 0,65$	$3,25 \pm 0,84$	$4,23 \pm 0,79$
Железистые трихомы цветоносной оси соцветия:	–	–	–	–
кол-во трихом на всём цветоносе оси, шт.	2141 ± 264	2526 ± 29	2973 ± 734	2185 ± 129
плотность трихом на цветоносе, шт./ мм^2	$10,03 \pm 1,60$	$12,07 \pm 0,48$	$14,93 \pm 2,98$	$10,7 \pm 0,64$
объём эфирного масла во всех трихомах цветоноса, мм^3	$0,41 \pm 0,05$	$0,48 \pm 0,003$	$0,57 \pm 0,14$	$0,42 \pm 0,03$
Общий объём эфирного масла в соцветии, мм^3	$2,28 \pm 0,31$	$3,13 \pm 0,65$	$3,82 \pm 0,98$	$4,65 \pm 0,82$
Доля эфирного масла в железистых трихомах цветоноса ко всему соцветию, %	$18,05 \pm 1,51$	$16,62 \pm 2,94$	$15,02 \pm 1,25$	$9,33 \pm 1,01$

В этих же условиях на цветоносах сорта-стандарта сформировалось пониженное количество чашечек – 24,3 шт., тогда как у сортов Ранняя и Южанка их было больше – 28,0 и 29,3 шт. соответственно. У сорта Вознесенская Арома, как и в предгорной климатической зоне, количество чашечек в соцветии оказалось самым высоким, в среднем достигнув величины 38,3 шт. При этом среднее количество железистых трихом на одну чашечку, в сравнении с условиями Вознесенского филиала ВНИИМК, увеличилось у всех сортов, достигнув у сорта-стандарта Вознесенская 34 – 57,53 шт., у сортов Ранняя – 66,60, Южанка – 76,80, Вознесенская Арома – 82,37 шт.

Общее количество железистых трихом во всех чашечках соцветия у сортов Вознесенская 34, Ранняя и Южанка в среднем составляло 1337, 1887 и 2318 шт. Сорт Вознесенская Арома, как и в предгорной зоне, отличался максимальными значениями по этому показателю, сформировав 3017 шт.

Объём эфирного масла в трихомах одной чашечки у сортов Вознесенская 34, Ранняя и Южанка варьировал в пределах 0,08–0,11 мм³, а у сорта Вознесенская Арома достиг 0,15 мм³. Общий объём эфирного масла в трихомах всех чашечек соцветий этих сортов варьировал в пределах 1,88–4,23 мм³, с максимальными значениями у сорта Вознесенская Арома.

Количество пельтатных железистых трихом на цветоносной оси соцветия сорта-стандарта Вознесенская 34 в условиях ЦЭБ ВНИИМК достигало 2141 шт. при средней плотности их расположения на цветоносе до 10,03 шт./мм². Общий объём эфирного масла во всех железистых трихомах цветоноса у этого сорта составил 0,41 мм³. А суммарный объём эфирного масла во всех железистых трихомах чашечек и цветоноса соцветия у этого сорта достиг 2,28 мм³ с долей эфирного масла в железистых трихомах цветоносной оси по отношению ко всему соцветию на уровне

18,05 %, что оказалось близким к аналогичным показателям в условиях предгорной зоны.

Общее количество железистых трихом на цветоносах сортов Ранняя и Южанка в среднем составляло 2526 и 2973 шт. соответственно. Плотность железистых трихом у сорта Ранняя превысила сорт-стандарт на 20 % и составила 12,07 шт./мм². У сорта Южанка этот же показатель был максимальным в наших экспериментах – 14,93 шт./мм². Общие объёмы эфирного масла во всех железистых трихомах цветоносов сортов Ранняя и Южанка составили 0,48 и 0,57 мм³, что также оказалось выше по сравнению с аналогичными показателями в условиях Вознесенского филиала ВНИИМК. При этом общие объёмы эфирного масла во всех железистых трихомах чашечек и цветоноса соцветия у сортов Ранняя и Южанка достигли величин 3,13 и 3,82 мм³. Однако доля эфирного масла в железистых трихомах цветоносной оси по отношению ко всему соцветию у этих сортов оказалась ниже, чем у сорта-стандарта, в среднем составив 16,62 и 15,02 % соответственно.

Сорт Вознесенская Арома по количеству железистых трихом, плотности их расположения на цветоносной оси и объёму эфирного масла во всех железистых трихомах цветоноса мало отличался от сорта-стандарта, сформировав на цветоносе в среднем 2185 шт. трихом с плотностью 10,7 шт./мм², и накопленным в них до 0,42 мм³ объёмом масла. Общий объём эфирного масла во всех железистых трихомах чашечек и цветоноса соцветия у этого сорта так же, как в предгорной зоне, оказался максимальным среди изучаемых сортов (4,65 мм³/соцветие), в два раза превысив сорт-стандарт. Однако, как и в условиях Вознесенского филиала ВНИИМК, из-за максимального количества чашечек с повышенным объёмом в них эфирного масла относительная доля эфирного масла в железистых трихомах цветоносной оси по отношению ко всему соцветию сорта Вознесенская Арома в

наших экспериментах оказалась минимальной, составив всего 9,33 %.

Результаты исследований, проведённых на четырёх сортах лаванды узколистной в двух эколого-географических пунктах Западного Предкавказья, позволяют отметить заметный вклад формирующихся на цветоносных осях пельтатных железистых трихом в общую эфиромасличность соцветий лаванды. Визуально соотношение пельтатных железистых трихом в чашечках и на цветоносе соцветия, а также соотношение объёмов накапливаемого в них эфирного масла представлено на рисунке 5.

Как следует из рисунка 5а, в расположенных в мутовках соцветия чашечках закономерно формируется самое большое количество пельтатных железистых трихом. Однако количество мутовок в пределах соцветия ограничено. При этом суммарное количество железистых трихом на цветоносах, не смотря на их меньшую плотность размещения по поверхности, также составляет заметную долю в соцветии.

Общий объём эфирного масла в трихомах цветоноса визуальнo представляется менее значительным, но в отличие от мутовок с чашечками, распределён по всей поверхности цилиндра цветоносной оси, формируя, таким образом, вполне заметный вклад в общую эфиромасличность соцветия. У сорта-стандарта Вознесенская 34 вклад цветоносных железистых трихом в наших исследованиях составлял не менее 18–19 % от общей эфиромасличности соцветий. Исходя из того, что в соцветиях этого сорта в среднем накапливается 4,69 % эфирного масла [8], содержание эфирного масла в железистых трихомах цветоносов будет составлять 0,85–0,92 %, что в несколько раз выше традиционно упоминаемого в специализированной литературе [9] значения 0,2 %.



Рисунок 5 – Соотношение количества пельтатных железистых трихом в чашечках и на цветоносе соцветия (а) и соотношение объёмов в них эфирного масла (б) на примере сорта-стандарта Вознесенская 34

Выводы. Размеры пельтатных железистых трихом, расположенных между рёбрами чашечки, у всех изучаемых сортов лаванды узколистной составляли 175 ± 25 мкм, в отдельных случаях – до 250 мкм. Размеры железистых трихом на рёбрах чашечки варьировали в пределах от 80 до 100 мкм. Средние размеры железистых трихом в чашечках в наших исследованиях не зависели от возраста растений лаванды и условий произрастания.

Количество пельтатных железистых трихом в чашечках изучаемых сортов в климатических условиях предгорной зоны Главного Кавказского хребта составляло 40,80–66,30 шт. на 1 чашечку. В климатических условиях южной части Кубано-Приазовской низменности этот показатель достигал 57,33–82,37 шт. на 1 чашечку.

Объём эфирного масла в железистых трихомах одной чашечки соцветия варьировал от 0,06 до 0,12 мм³. Объём эфирного масла в железистых трихомах всех чашечек соцветия – от 1,87 до 4,57 мм³.

Размер железистых трихом на цветоносных осях у всех изучаемых сортов лаванды узколистной в среднем составлял 90 ± 15 мкм. Общее количество железистых трихом на поверхности цветоносных осей в зависимости от сорта и условий выращивания варьировало от 2141 до 3003 шт. Плотность их распределения по поверхности цветоносов соцветий изменялась от 8,60 до 14,93 шт. на 1 мм³.

Объём эфирного масла во всех железистых трихомах цветоносов составлял 0,41–0,57 мм³. Общий объём эфирного масла в соцветии варьировал от 2,28 до 5,15 мм³. Максимальный объём эфирного масла выявлен в соцветиях сорта лаванды узколистной Вознесенская Арома.

Доля эфирного масла в железистых трихомах цветоносных осей по отношению ко всему соцветию составляла от 9,33 до 19,56 %, что обеспечивало содержание эфирного масла в железистых трихомах цветоносов на уровне 0,85–0,92 %.

Таким образом, формирующиеся на цветоносных осях пельтатные железистые трихомы вносят заметный вклад в эфиромасличность соцветий лаванды узколистной. Поэтому для селекции на увеличение эфиромасличности и сборов эфирного масла предложен дополнительный селекционный признак – количество железистых трихом на поверхности цветоносов, которое может регулироваться на основе изменчивости их плотности распределения на поверхности цветоносов или увеличения длины соцветий.

Список литературы

1. Лузина Л.В. Селекция лаванды // В сб.: Эфирномасличное сырьё и технология эфирных масел. – М.: Изд-во «Пищевая промышленность», 1968. – Вып. 1. – С. 72–81.

2. Лукомец В.М., Бочкарёв Н.И., Зеленцов С.В., Мошненко Е.В. [и др.]. Эфиромасличные культуры (монография). – Краснодар: Просвещение-Юг, 2017. – С. 213–240.

3. Huang Shan-Shan, Kirchoff B.K., Liao Jing-Ping. The capitate and peltate glandular trichomes of *Lavandula pinnata* L. (Lamiaceae): histochemistry, ultrastructure and secretion // Journal of the Torrey Botanical Society. – 2009. – Vol. 135 (2). – P. 155–167: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/232690542_The_capitate_and_peltate_glandular_trichomes_of_Lavandula_pinnata_L_Lamiaceae_Histochemistry_ultrastructure_and_secretion1 (дата обращения: 30.10.2021). DOI: 10.3159/07-RA-045.1.

4. Резанова Т.А., Сорокопудов В.Н., Колесников Д.А. Морфологическая классификация трихом *Ribes americanum* Mill. (Grossulariaceae) // Научные ведомости. Серия Естественные науки. – 2010. – № 9 (80). – Вып. 11. – С. 5–10: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/morfologicheskaya-klassifikatsiya-trihom-ribes-americanum-mill-grossulariaceae/viewer> (дата обращения: 30.10.2021).

5. Работягов В.Д., Свиденко Л.В. Селекция лаванды и классификация её межвидовых гибридов // Труды Никитского ботанического сада. – 2011. – Т. 133. – С. 197–208: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/selektsiya-lavandy-i-klassifikatsiya-ee-mezhvidovyh-gibridov/viewer> (дата обращения: 03.11.2021).

6. Коробко В.В., Касаткин М.Ю., Степанов С.А. Анатомия растительных тканей. – Саратов, 2014. – С. 75–76.

7. Fakhriddinova D.K., Rakhimova T.R., Dustmuratova F.M., Dushanova G.M., Abdinazarov S.H., Samadov I.N. The anatomical structure of vegetative organs *Lavandula officinalis* Chaix in the introduction of Tashkent Botanical garden // American Journal of Plant Sciences. – 2020. – Vol. 11. No 4. – P. 578–588: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.scirp.org/journal/paperinformation.aspx?paperid=99768> (дата обращения: 01.11.2021). DOI: 10.3159/07-RA-045.1.

8. Шуваева Т.П., Гайтотина И.В., Зеленцов С.В., Мошненко Е.В., Саенко Г.М., Бубнова Л.А. Сорт лаванды узколистной Вознесенская Арома // Масличные культуры. – 2019. – Вып. 4 (180). – С. 198–202. DOI: 10.25230/2412-608X-2019-4-180-198-202.

9. Дудченко Л.Г., Козьяков А.С., Кривенко В.В. Пряно-ароматические и пряно-вкусовые растения: справочник – Киев: Наукова думка, 1989. – С. 128–129.

10. Kara N., Baydar H. Determination of lavender and lavandin cultivars (*Lavandula* sp.) containing high quality essential oil in Isparta, Turkey // Turkish Journal of Field Crops. – 2013. – Vol. 18 (1). – P. 58–65: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/295809760_DETERMINATION_OF_LAVENDER_AND_LAVANDIN_CULTIVARS_Lavandula_sp_CONTAINING_HIGH_QUALITY_ESSENTIAL_OIL_IN_ISPARTA_TURKEY (дата обращения: 01.11.2021).

11. Moghaddam P.R., Wilman D. Cell wall thickness and cell dimensions in plant parts of eight forage species // Journal of Agricultural Science. – 1998. – Vol. 131. – Is. 1. – P. 59–67: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studylib.net/doc/25381204/cell-wall-thickness-and-cell-dimensions-in-plant> (дата обращения: 29.10.2021). DOI: 10.1017/S0021859698005632.

12. Негроров В.В. Растительная клетка: учебное пособие. – Воронеж: Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета, 2010. – С. 85.

References

1. Luzina L.V. Seleksiya lavandy // V sb.: Efirnomaslichnoe syr'e i tekhnologiya efirnykh masel. – M.: Izd-vo «Pishchevaya promyshlennost'», 1968. – Vyp. 1. – S. 72–81.

2. Lukomets V.M., Bochkarev N.I., Zelentsov S.V., Moshnenko E.V. [i dr.]. Efiromaslichnye kul'tury (monografiya). – Krasnodar: Prosveshchenie-Yug, 2017. – S. 213–240.

3. Huang Shan-Shan, Kirchoff B.K., Liao Jing-Ping. The capitate and peltate glandular trichomes of *Lavandula pinnata* L. (Lamiaceae): histochemistry, ultrastructure and secretion // Journal of the Torrey Botanical Society. – 2009. – Vol. 135 (2). – P. 155–167: [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: https://www.researchgate.net/publication/232690542_The_capitate_and_peltate_glandular_trichomes_of_Lavandula_pinnata_L_Lamiaceae_Histochemistry_ultrastructure_and_secretion1 (дата obrashcheniya: 30.10.2021). DOI: 10.3159/07-RA-045.1.

4. Rezanova T.A., Sorokopudov V.N., Kolesnikov D.A. Morfologicheskaya klassifikatsiya trikhom *Ribes americanum* Mill. (Grossulariaceae) // Nauchnye vedomosti. Seriya Estestvennye nauki. – 2010. – № 9 (80). – Vyp. 11. – S. 5–10: [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <https://cyberleninka.ru/article/n/morfologi->

cheskaya-klassifikatsiya-trihom-ribesameri-
canum-mill-grossulariaceae/viewer (data
obrashcheniya: 30.10.2021).

5. Rabotyagov V.D., Svidenko L.V. Seleksiya lavandy i klassifikatsiya ee mezhvidovykh gibridov // Trudy Nikitskogo botanicheskogo sada. – 2011. – T. 133. – S. 197–208: [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <https://cyberleninka.ru/article/n/seleksiya-lavandy-i-klassifikatsiya-ee-mezh-vidovykh-gibridov/viewer> (data obrashcheniya: 03.11.2021).

6. Korobko V.V., Kasatkin M.Yu., Stepanov S.A. Anatomiya rastitel'nykh tkaney. – Saratov, 2014. – S. 75–76.

7. Fakhriddinova D.K., Rakhimova T.R., Dusmuratova F.M., Duschanova G.M., Abdinazarov S.H., Samadov I.N. The anatomical structure of vegetative organs *Lavandula officinalis* Chaix in the introduction of Tashkent Botanical garden // American Journal of Plant Sciences. – 2020. – Vol. 11. No 4. – P. 578–588: [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <https://www.scirp.org/journal/paperinformation.aspx?paperid=99768> (data obrashcheniya: 01.11.2021). DOI: 10.3159/07-RA-045.1.

8. Shuvaeva T.P., Gaytotina I.V., Zelentsov S.V., Moshnenko E.V., Saenko G.M., Bubnova L.A. Sort lavandy uzkolistnoy Voznesenskaya Aroma // Maslichnye kul'tury. – 2019. – Vyp. 4 (180). – S. 198–202. DOI: 10.25230/2412-608X-2019-4-180-198-202.

9. Dudchenko L.G., Koz'yakov A.S., Krivenko V.V. Pryano-aromaticheskie i pryano-vkusovye rasteniya: spravochnik – Kiev: Naukova dumka, 1989. – S. 128–129.

10. Kara N., Baydar H. Determination of lavender and lavandin cultivars (*Lavandula* sp.) containing high quality essential oil in Isparta, Turkey // Turkish Journal of Field Crops. – 2013. – Vol. 18 (1). – P. 58–65: [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: https://www.researchgate.net/publication/295809760_DETERMINATION_OF_LAVEN

DER_AND_LAVANDIN_CULTIVARS_La
vandula_sp_CONTAINING_HIGH_QUALI
TY_ESSENTIAL_OIL_IN_ISPARTA_TUR
KEY (data obrashcheniya: 01.11.2021).

11. Moghaddam P.R., Wilman D. Cell wall thickness and cell dimensions in plant parts of eight forage species // Journal of Agricultural Science. – 1998. – Vol. 131. – Is. 1. – P. 59–67: [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <https://studylib.net/doc/25381204/cell-wall-thickness-and-cell-dimensions-in-plant-> (data obrashcheniya: 29.10.2021). DOI: 10.1017/S0021859698005632.

12. Negrobov V.V. Rastitel'naya kletka: uchebnoe posobie. – Voronezh: Izdatel'sko-poligraficheskiy tsentr Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta, 2010. – S. 85.

Сведения об авторах

С.В. Зеленцов, зав. отд., гл. науч. сотр., д-р с.-х. наук, чл.-корр. Рос. акад. наук

Е.В. Мошненко, вед. науч. сотр., канд. биол. наук,

Т.П. Шuvaева, директор Вознесенского филиала, канд. с.-х. наук,

И.В. Гайтотина, мл. науч. сотр., аналитик

А.А. Куров, студент агрономического факультета КубГАУ

Получено/Received

08.11.2021

Получено после рецензии/Manuscript peer-reviewed

09.11.2021

Получено после доработки/Manuscript revised

11.11.2021

Принято/Accepted

16.11.2021

Manuscript on-line

30.12.2021