

Физическая химия

УДК 541.6

DOI 10.26456/vtchem2025.2.1

Растровый электронный микроанализ в изучении образцов подорожника большого

А.А. Малинина, М.Г. Виноградова, А.И. Иванова

ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», г. Тверь

Проведён растровый электронный микроанализ образцов листьев подорожника большого, собранных в Калининском муниципальном округе в местах с различной антропогенной нагрузкой. Показано, что листья подорожника большого имеют способность аккумулировать загрязнители (Si, Fe, Cl). Это позволяет использовать его в качестве биоиндикатора.

Ключевые слова: растровый электронный микроанализ, подорожник большой, загрязнители.

Подорожник большой (*Plantago major* L.) является ценным лекарственным растением. Его разнообразный химический состав обеспечивает широкое применение в традиционной и народной медицине.

Цель работы изучить химический состав и чистоту образцов подорожника большого.

В качестве объекта исследования был использован растительный материал подорожника большого (*Plantago major* L.). Листья были собраны в 2024 году в период активной вегетации – август, в различных местах Калининского муниципального округа. Сбор листьев в д. Езвино в лесном фитоценозе является зоной с низкой антропогенной нагрузкой, сборы вблизи пилюрамы, на 27-м километре Тургиновского шоссе и в д. Рязаново АО «Птицефабрика Верхневолжская» подвергались наиболее сильной антропогенной нагрузке из-за близкого расположения дорог и производств. В качестве фоновой пробы послужила аптечная форма растения.

Для исследования были использованы высушенные листья подорожника большого, предварительно очищенные от пыли. Анализ был проведен с помощью метода сканирующей электронной микроскопии с установленной системой рентгеновского дифракционного микроанализа «Oxford INCA» на оборудовании Центра коллективного пользования Тверского государственного университета. Морфологические снимки листьев подорожника большого выполнялись на растровом электронном микроскопе.

Проведенное в Калининском муниципальном округе исследование позволило получить данные о содержании макроэлементов и микроэлементов в растительном сырье. Некоторые элементы встречаются в каждом и исследуемых образцов: С, О, Mg, Si, S, K, Ca. Такие элементы, как Al, Na, Cl, Fe, были отмечены в единичных случаях (табл. 1).

Для каждого образца было выполнено восемь замеров с определением весовых и атомных процентов содержания элементов. Благодаря полученным данным можно провести сравнительный анализ элементного состава в листьях подорожника большого.

Таблица 1
Элементный состав подорожника большого (масс. %)

Образец	C _{max}	O _{max}	K	Mg	Ca	Si	Na	Al	Fe	Cl
Фоновый	53,6	45,7	1,0	0,2	0,4	0,3	-	-	-	-
			-	-	-	-				
Лесной фитоценоз	47,4	44,5	1,4	0,3	1,1	0,8	-	-	-	-
			4,8	0,1	2,5	0,2				
АО «Птицефабрика Верхневолжская »	54,8	43,2	-	-	-	-	-	-	-	-
			5,2	0,2	2,7	0,4				
27-й км Тургиновского шоссе	66,0	33,5	0,8	0,4	1,2	0,5	0,2	0,2	0,6	0,7
			-	-	-	-				
Пилорама	53,9	41,0	2,1	1,0	3,3	11,0	0,4	1,8	2,2	0,9
			0,6	0,1	1,7	-				
			-	-	-	-	-	-	-	3,6
			0,8	0,2	2,5	-				
			0,8	0,3	3,6	0,6	-	0,3	0,4	-
			-	-	-	-				
			1,2	0,5	4,6	1,6	-	0,6	0,7	-
			-	-	-	-				

Таким образом, подорожник, собранный в лесном фитоценозе, выделяется наиболее высоким содержанием калия и кальция, что соответствует экосистеме, в которой он произрастал. Подорожники, собранные в местах с повышенным уровнем антропогенного стресса, имеют в своем составе некоторые загрязняющие элементы: листья, собранные вблизи шоссе, содержат повышенный процент хлора, что может быть последствием использования антигололедных реагентов; листья, взятые у птицефабрики, содержат сравнительно большой процент кремния, а также алюминия в составе, что является последствием произрастания в промышленной зоне; образец, взятый вблизи пилорамы, показывает значительное накопление железа и кальция [1, 2].

Сравнивая полученные данные с эталоном, отметим, что в большинстве содержание макро- и микроэлементов находятся в норме,

лишь некоторые образцы содержат избыток или недостаток определенных элементов. Так, в образце, собранном вблизи шоссе, наблюдается дефицит калия и превышение нормы содержания хлора, что указывает на бедность почв и использовании реагентов. В аптечном (фоновом) образце наблюдается дефицит калия и кальция. В таких зонах как пилорама и птицефабрика, проявляется повышенный уровень содержания кальция, что может являться следствием карбонатной пыли, а также накопление кремния, алюминия и железа в аномально высоких количествах, что свидетельствует о промышленном загрязнении. Лесной подорожник можно считать эталонным образцом, так как все элементы находятся в пределах нормы [3].

Также для исследования поверхности листьев подорожника большого был использован растровый электронный микроанализ. Были получены микроизображения образцов, анализ которых помогает выявить дефекты в структуре листа, исследовать его общее состояние.

При рассмотрении морфологических изображений листьев каких-либо патологий в физиологии растения выявлено не было, но были обнаружены некоторые признаки экологического загрязнения.

На рис. 1 - 5 показано электронное изображение верхнего эпидермиса листьев подорожника большого соответственно образцы: аптечный; с пилорамы д. Езвино; лесной фитоценоз д. Езвино; д. Рязаново АО «Птицефабрика Верхневолжская»; 27-й километр Тургиновского шоссе.

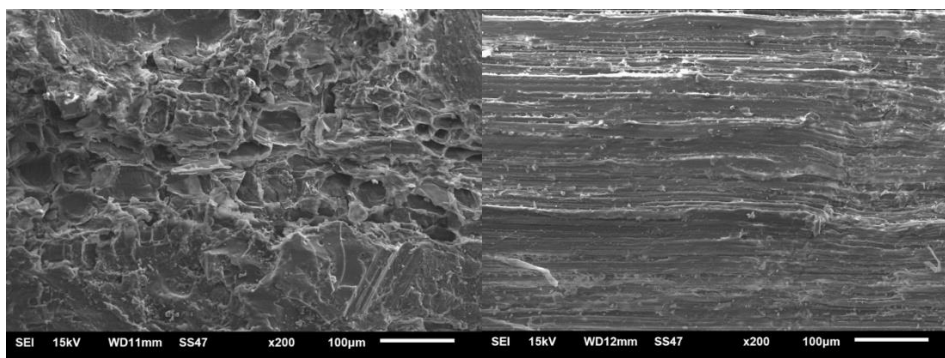


Рис. 1. Электронное изображение верхнего эпидермиса листьев подорожника большого: фоновый (аптечный) образец

На рис. 1. видны следующие особенности листа: клетки эпидермиса с четкими границами, имеют многоугольную форму. Образец соответствует стандартам чистоты, признаков биологического загрязнения не обнаружено.

На рис. 2. видно, что клетки эпидермиса сохраняют многоугольную форму, но имеют деформации в некоторых областях. На изображениях заметны мелкие частицы пыли. При увеличении

изображения в образце наблюдаются микроскопические единичные частицы спор или фрагментов мицелия.

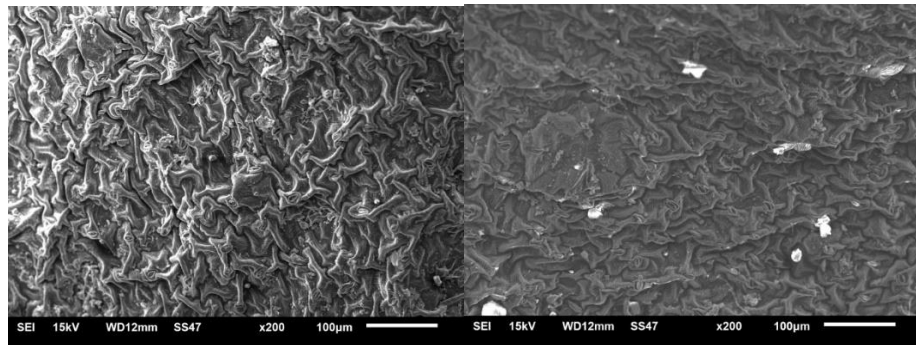


Рис. 2. Электронное изображение верхнего эпидермиса листьев подорожника большого: пилорама д. Езвино

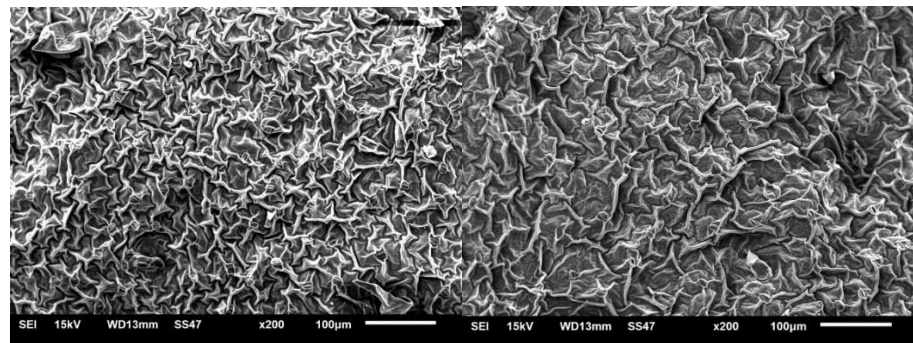


Рис. 3. Электронное изображение верхнего эпидермиса листьев подорожника большого: лесной фитоценоз д. Езвино

В образце, собранном в лесном фитоценозе (рис. 3), клетки эпидермиса имеют четкие границы, но менее правильную форму, что может быть связано с условиями произрастания. На изображении заметны наличие гифов гриба в виде тонких нитей и небольшое количество пыли или пыльцы.

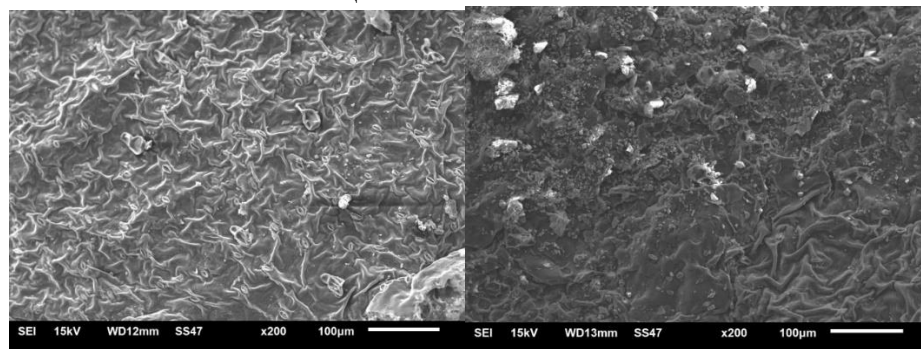


Рис. 4. Электронное изображение верхнего эпидермиса листьев подорожника большого: д. Рязаново АО «Птицефабрика Верхневолжская»

На рис. 4 заметно, что клетки эпидермиса деформированы, есть небольшие участки с нарушенной целостностью листа – микротрещины. Присутствуют частицы пыли и небольшое количество спор грибов. При увеличении изображения наблюдаются кристаллоподобные структуры, что может указывать на отложение солей.

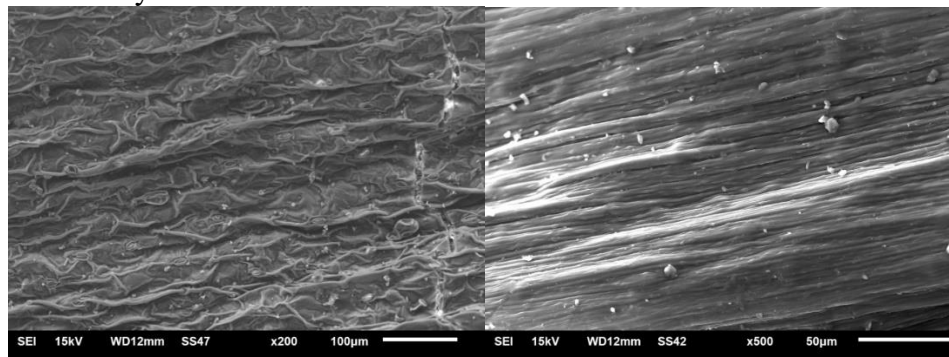


Рис. 5. Электронное изображение верхнего эпидермиса листьев подорожника большого: 27-й километр Тургиновского шоссе

На рис. 5 видно, что данный образец имеет неравномерную структуру клеток эпидермиса, также заметны микроповреждения листа, большое количество микроскопических частиц – пыль и соли, образующие кристаллоподобную структуру.

Проведенные исследования показали, что подорожник большой достаточно устойчив к различным видам антропогенного стресса. Микроанализ подтвердил элементный состав листьев растительного сырья. Также анализ подтвердил, что листья подорожника большого имеют способность аккумулировать загрязнители (Si, Fe, Cl), что даёт нам возможность использовать его в качестве биоиндикатора.

Список литературы

1. Сиромля, Т.И. Химические элементы в системе почва – листья подорожника большого на территории г. Новосибирска / Т.И. Сиромля, М.А. Мяделец, О.В. Охлопкова, К.В. Качкин // Научное обозрение. Биологические науки. – 2015. – №1. – С. 147-148.
2. Оленников, Д.Н. Подорожник большой (*Plantago major* L.). Химический состав и применение / Д.Н. Оленников, А.В. Samuelsen, Л.М. Танхаева // Химия растительного сырья. – 2007. – №2. – С. 37-50.
3. Гончарова, Т.А. Энциклопедия лекарственных растений: Т.1. / Т.А. Гончарова. – М.: Изд. Дом МСП, 1997. – 559 с.

Об авторах:

МАЛИНИНА Алина Александровна – студентка 4-го года обучения кафедры физической химии ТвГУ (170100, Тверь, ул. Желябова, 33);
e-mail: malininaalina25@gmail.com

ВИНОГРАДОВА Марина Геннадьевна – д.х.н., профессор кафедры физической химии ТвГУ (170100, Тверь, ул. Желябова, 33);

e-mail: Vinogradova.MG@tversu.ru

ИВАНОВА Александра Ивановна – к.ф.-м.н., доцент кафедры прикладной физики ТвГУ (170100, Тверь, ул. Желябова, 33);

e-mail: Ivanova.AI@tversu.ru

Raster electron microanalysis in studying samples of the plantain large specimen

A.A. Malinina, M.G. Vinogradova, A.I. Ivanova

Tver State University, Tver

The raster electron microanalysis of samples of plantain leaves collected in Kalininsky municipal district in places with different anthropogenic load has been carried out. It is shown that plantain leaves have the ability to accumulate pollutants (Si, Fe, Cl). This allows using it as a bioindicator.

Keywords: *raster electron microanalysis, large plantain, pollutants.*

Дата поступления в редакцию: 19.05.2025.

Дата принятия в печать: 23.05.2025.