

УДК 581.3

ПАЛИНОМОРФЫ *SYRINGA JOSIKAEAE* ПРИ ИНТРОДУКЦИИ В АРКТИЧЕСКОМ КЛИМАТЕ

Д.А. Морозова, Н.В. Василевская

Мурманский арктический государственный университет, Мурманск

Представлены данные палинологического анализа пыльцы *Syringa josikaea* в условиях арктического климата г. Мурманска. Проведен палинологический анализ образцов пыльцы с пяти пробных площадок города, который позволил выявить 14 тератоморфных типов развития пыльцевых зерен сирени венгерской, что значительно больше, чем в других районах России. Отмечена высокая морфологическая изменчивость пыльцы, что проявляется в образовании большого числа тератоморф. Уровень тератоморфизма колеблется от 7% до 36%, что говорит о нарушениях микроспорогенеза и указывает на неблагоприятные экологические условия.

Ключевые слова: палиноиндикация, *Syringa josikaea*, тератоморфизм, Арктика.

Введение. В настоящее время активно проводятся исследования репродуктивной биологии видов, гибридов и сортов сиреней, интродуцированных в различных регионах России (Пшенникова, 2007; Полякова, 2010; Жакова и др., 2014, 2015). Широко изучаются фертильность пыльцы представителей рода *Syringa* L. (Жакова и др., 2015), ее жизнеспособность (Шаренкова, 1969; Горб, 1989; Пшенникова, 2007; Полякова, 2009), показатели семенной продуктивности (Полякова, 2011). Особо актуальными становятся вопросы, касающиеся палинологических исследований, которые позволяют на основе биоиндикационных показателей оценивать состояние окружающей среды (Бакташаева, Сероглазова, 2012). Однако данные по образованию аномальной пыльцы видов рода *Syringa* L. в условиях городской среды немногочисленны (Дзюба, 2006; Морозова, Василевская, 2014, 2015).

Цель исследования: изучение палиноморфологических особенностей *Syringa josikaea* в условиях арктического города (на примере г. Мурманска).

Исследования проводились в г. Мурманске – самом большом в мире незамерзающим порту за Полярным Кругом. Город расположен на берегу Кольского залива Баренцева моря (68°58' с. ш., 33°4' в. д.), находится в Атлантико-Арктической зоне умеренного климата. Средняя температура января-февраля –10 – 11°C, средняя температура

июля: +12 – 13°C (Гонтарь, Жиров, 2010). Большая часть осадков в Мурманске, примерно 500 мм/год, выпадает с июня по сентябрь. Снеговой покров держится в городе в среднем 210 дней и полностью сходит к маю. Полярная ночь на широте Мурманска длится со 2 декабря по 11 января, полярный день – с 22 мая по 22 июля. Ветер имеет муссонный характер – зимой преобладают южные ветра, а летом – северные.

Экологическая ситуация в г. Мурманске в последние годы ухудшается. С 2010 г. более чем в 2 раза увеличились выбросы неорганической пыли. Содержание формальдегида в атмосферном воздухе города в 2012 г. повысилось почти в 36 раз по сравнению с 2011 г. За последние четыре года прослеживается устойчивая динамика увеличения выбросов летучих органических соединений. В центре города наблюдается увеличение содержания суммы углеводородов в периоды неблагоприятных метеорологических условий.

Материалы и методика. Объектом исследования является *Syringa josikaea* (Сирень венгерская), представитель рода *Syringa* L. семейства *Oleaceae*. *S. josikaea* засухо- и морозоустойчива, ее экологическая пластичность определила успешную интродукцию в северных районах европейской части России (Гонтарь, Жиров, 2010). Хорошо переносит городские условия, в посадках существует свыше 50 лет. Выносливость, декоративность, успешность размножения и простота выращивания ставят *S. josikaea* на одно из первых мест в ассортименте кустарников для озеленения Мурманской области (Святковская и др., 2009).

Пыльцевые зерна *S. josikaea* трехбороздные, сфероидальные или эллипсоидальные; в очертании с полюса трехлопастные, с экватора - округлые или эллиптические. Скульптура сетчатая. Полярная ось 32,0 – 40,1 мкм, экваториальный диаметр 36,0 – 44,8 мкм. Борозды узкие, короткие. Экзина двухслойная, 3,0 – 4,1 мкм толщиной (Токарев, 2004).

Пробные площади в посадках *S. josikaea* на территории г. Мурманска заложены в ноябре 2012 г. Они расположены в направлении с севера на юг и отличаются высотой над уровнем моря, климатическими условиями, а также уровнем антропогенной нагрузки: ПП₁ – сквер у ТЦ «Мир», Ленинский АО; ПП₂ – сквер на ул. Ленинградской, Октябрьский АО; ПП₃ – ост. Автопарк, Первомайский АО; ПП₄ - ост. Шевченко, Первомайский АО; КП – контрольная площадка в п. Сафоново (19 км к северу от г. Мурманска).

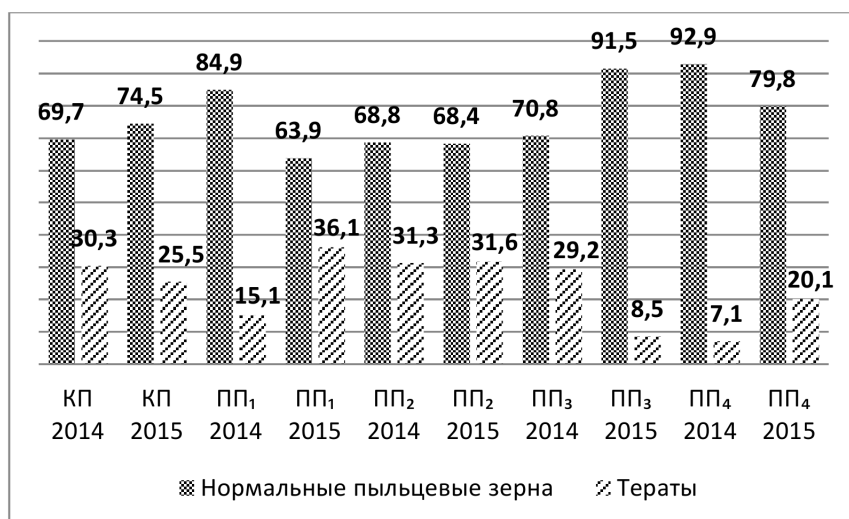
Сбор созревшей пыльцы осуществлялся в июле 2014 и 2015 гг. Материал хранился в сухом шкафу при комнатной температуре в бумажных пакетах. Исследования пыльцевых зерен проводились с

помощью светового микроскопа "Microlife" (увеличение 16x10, 16x40). Микрофотографии пыльцы выполнены с помощью малоформатной цветной CCD камеры, которую устанавливали на окулярную трубку. Изучение строения пыльцевых зерен, тератоморф проводили при помощи ацетокарминового метода (Барыкина, 2004). Просмотрено по 500 - 900 пыльцевых зерен с каждой площадки.

В ходе исследования отмечались следующие особенности пыльцы: тип и форма пыльцевого зерна, скульптура, количество апертур и борозд, симметричность, цвет. К тератоморфам относили все уродливые пыльцевые зерна (с нарушениями развития), то есть те, которые имели хоть одно отличие от нормально развитых.

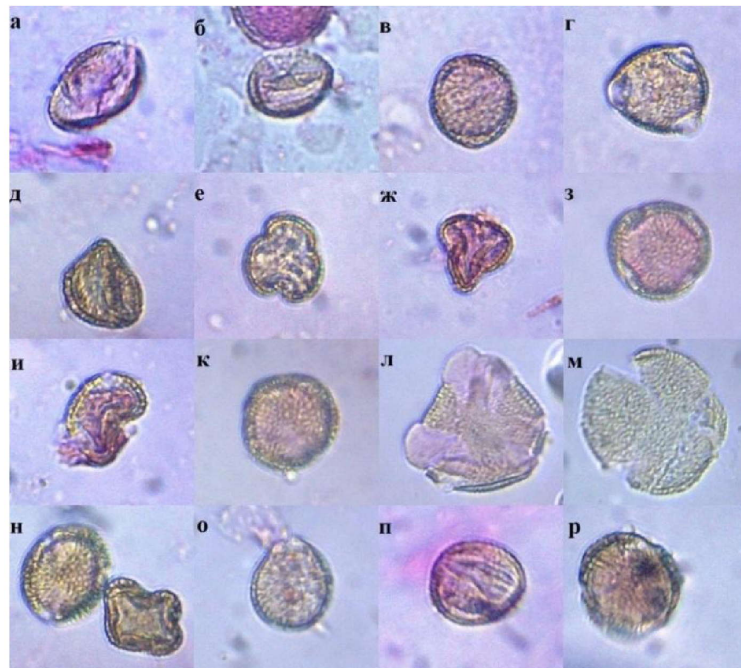
Результаты и обсуждение. В результате проведения палинологического анализа выявлено, что для нормально развитой пыльцы *S. josikaea* характерно: эллипсоидальная, сфероидальная форма; скульптура зерен – сетчатая (иногда можно различить разновеликие борозды); количество апертур – 3; агрегатное состояние – в большей степени одиночное (монадное) или полиадное; при окрашивании ацетокармином приобретает малиновый, темно-малиновый цвет.

Пыльцевые зерна *S. josikaea* в протестированных пробах г. Мурманска значительно меньше, чем в других регионах России и Европы. Размеры пыльцевых зерен *S. josikaea* г. Мурманска: полярная ось 23,2 - 27,4 мкм, экваториальный диаметр 20,7 - 25,3 мкм. В Ленинградской области: полярная ось 37,09 мкм, экваториальный диаметр 34,66 мкм (Дзюба, 2006). В Восточной Европе размеры пыльцы: полярная ось 32,0 – 40,1 мкм, экваториальный диаметр 36,0 – 44,8 мкм (Токарев, 2004).



Р и с. 1. Уровень тератоморфизма пыльцевых зерен *Syringa josikaea*

г. Мурманска (2014 – 2015 гг., в %)



Р и с . 2. Морфотипы аномальной пыльцы *Syringa josikaea* (увеличение 16X40).

а – безапертурное, округлой формы, с нарушениями оболочки (разрыв, скол), редуцированное содержимое; б – безапертурное, бобовидной или округлой формы, с 1 бороздой (щелью); в – безапертурное, округлой формы, симметричное, утолщенная оболочка; г – неокрашенное, нормально развитое зерно (без видимых нарушений); д – безапертурное, нарушена естественная форма пыльцевого зерна, несимметричное, с нарушениями оболочки, мелкие размеры; е, ж – с гиперразвитыми апертурами (кол-во 3), так что пыльцевое зерно приобретает сильно расчленённую трехлопастную форму; з – четырехапертурное; и – безапертурное, бобовидной или вытянутой формы; к – пыльцевое зерно с двумя апертурами; л, м – безапертурное с патологически развитой оболочкой. Гигантизм; н – с гиперразвитыми апертурами (кол-во 4), так что пыльцевое зерно приобретает сильно расчлененную четырехлопастную форму; о – одноапертурное пыльцевое зерно, с нормально развитой поверхностью; п – безапертурное, бобовидной или округлой формы, с 2 бороздами - это хорошо выраженный тетрадный рубец (в виде разверзшейся трехлучевой щели); р – неокрашенное, в целом нормально развитое пыльцевое зерно с небольшими сколами оболочки.

Исследования показали, что во всех образцах содержатся как нормальные, так и тератоморфные пыльцевые зерна (рис. 1). Уровень нормально развитой пыльцы в г. Мурманске в 2014 г. варьирует в диапазоне от 68,8 до 92,9%, в 2015 г. – от 63,9 до 91,5%.

Таблица 1

Морфотипы пыльцевых зерен *Syringa josikaea* г. Мурманска
(2014-2015 гг., в %)

№	Морфотипы пыльцевых зерен	КП 2014	КП 2015	ПП ₁ 2014	ПП ₁ 2015	ПП ₂ 2014	ПП ₂ 2015	ПП ₃ 2014	ПП ₃ 2015	ПП ₄ 2014	ПП ₄ 2015
1	Нормальные пыльцевые зерна	69,7	74,5	84,9	63,9	68,8	68,4	70,8	91,5	92,9	79,8
2	Гераты. Из них:	30,3	25,5	15,1	36,1	31,3	31,6	29,2	8,5	7,1	20,1
1	Безапертурное, округлой формы, с нарушениями оболочки (разрыв, скол), редуцированное содержимое	0,0	1,3	0,0	1,2	0,0	4,6	0,0	1,9	0,0	2,2
2	Безапертурное, бобовидной или округлой формы, с 1 бороздой (щелью)	0,2	0,5	0,0	11,1	3,0	3,2	3,7	1,0	0,2	2,5
3	Безапертурное, округлой формы, симметричное, утолщенная оболочка	0,0	16,3	0,0	4,2	0,0	11,7	0,0	2,1	0,0	7,0
4	Неокрашенное, нормально развитое зерно (без видимых нарушений)	7,3	3,2	4,3	7,7	2,9	6,9	3,7	0,9	2,6	2,4
5	Безапертурное, нарушена естественная форма п.з., несимметричное, с нарушениями оболочки	20,9	1,5	7,7	4,2	23,2	1,5	21,6	0,3	3,5	3,4
6	С гиперразвитыми апертурами (кол-во 3), так что пыльцевое зерно приобретает сильно расчлененную трехлопастную форму.	0,2	1,7	2,7	4,4	0,7	1,4	0,0	1,2	0,6	0,5
7	Четырехапертурное	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0
8	Безапертурное, бобовидной или вытянутой формы	0,8	0,0	0,2	0,2	1,3	0,2	0,0	0,3	0,0	0,0
9	П. з. с двумя апертурами	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
10	Безапертурное с патологически развитой оболочкой. Гигантизм	0,3	0,5	0,3	1,0	0,2	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0
11	С сильно развитыми апертурами (кол-во 3), так что п.з. приобретает четырехлопастную форму	0,0	0,1	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0
12	Одноапертурное п. з.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0
13	Безапертурное, бобовидной или округлой формы, с 2 бороздами - это хорошо выраженный тетрадный рубец (в виде развешивающейся трехлучевой щели)	0,0	0,5	0,0	2,0	0,0	1,4	0,0	0,2	0,2	0,5
14	Неокрашенное, в целом нормально развитое п. з. с небольшими сколами оболочки	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	1,6

Аномальные пыльцевые зерна *S. josikaea* отличаются от нормальных размерами, формой, количеством апертур, борозд, изменением оболочки. При палиноморфологическом анализе выделено 14 морфотипов тератоморфной пыльцы (табл. 1; рис. 2).

В пробах г. Мурманска содержание тератоморфной пыльцы колеблется в пределах: 7,1 - 31,3% в 2014 г., 8,5 - 36,1% в 2015 г. В контрольных образцах также обнаружено высокое содержание тератоморф - 30,3% в 2014 г. и 25,5% в 2015 г.

Больше всего аномальных пыльцевых зерен в 2014 г. выявлено у *S. josikaea* в парке на ул. Ленинградской, в Октябрьском АО (ПП₂) – 31,3%, в 2015 в районе ТЦ «Мир» (ПП₁) - 36,1%.

При этом, если в 2014 г. в пробах г. Мурманска выделено 5 морфотипов аномальной пыльцы *S. josikaea*, то в 2015 г. - в два раза больше. Число тератоморф: в сквере около остановки Автопарк (ПП₃) составило 11 морфотипов, в районе ТЦ «Мир» (ПП₁) и в сквере на ул. Ленинградской (ПП₂) – 10. Палинотератный комплекс в образце контроля – 7 морфотипов в 2014 и 9 морфотипов в 2015 г. Наиболее часто встречающаяся аномалия пыльцевых зерен – безапертурное, с нарушенной естественной формой, несимметричное, с нарушениями оболочки, мелких размеров пыльцевое зерно. Редко встречающаяся тератоморфная пыльца отмечена в пробах: на контрольной площадке (0,12%) – одноапертурное пыльцевое зерно; на ПП₃ (0,13%) – 2 типа тератоморф: пыльцевое зерно с двумя апертурами и четырехапертурное.

Наибольшее количество и разнообразие тератоморф встречается в северной и центральной части г. Мурманска и основными аномалиями являются: мелкие размеры, отсутствие апертур, нарушения оболочки и формы.

В своих исследованиях О.Ф.Дзюба (2006) выделяет 10 морфотипов пыльцевых зерен *S. josikaea* Ленинградской области и г. Санкт-Петербурга. На территории г. Мурманска выделено 14 тератоморф, из них 6 типов совпадают с палиноморфами Санкт-Петербурга (Рис. 2, д, з, к, л, м, о, п). Половина из данных морфотипов встречается в г. Мурманске редко: четырехапертурное пыльцевое зерно (рис. 3, з); с двумя апертурами (рис. 2, к); одноапертурное, с нормально развитой поверхностью (рис. 2, о).

Нами выделено еще 8 типов тератоморфной пыльцы у *S. josikaea*, произрастающей в г. Мурманске и в контроле (табл.1). Есть такие тераты, которые встречаются только в пробах северных районов города: безапертурные с патологически развитой оболочкой и гигантские и только в южных – с двумя апертурами.

В своих работах О. Ф. Дзюба (2014) отмечает, что тератоморфы, имеющие тетрадные рубцы (напоминающие раскрытые или сомкнутые щели трехлучевых спор) указывают на высокий уровень загрязнения, а также на высокий уровень радиационной активности. Поскольку данный тип нарушений был обнаружен в образцах с территории зоны отчуждения Чернобыльской АЭС. Нами также были обнаружены подобные типы нарушений (безапертурное, бобовидной или округлой формы, с 2 бороздами - это хорошо выраженный тетрадный рубец (в виде разверзшейся трехлучевой щели) (рис. 2, п) в г. Мурманске. Наибольшее количество (2%) таких

пыльцевых зерен встречается в северном районе города – в сквере у ТЦ «Мир» (ПП₁).

Заключение. Выявленный высокий уровень тератоморфизма пыльцы *S. josikaea* на территории г. Мурманска вероятно связан, как с экстремальностью и нестабильностью арктического климата, так и высоким уровнем загрязнения среды города. Вегетационные сезоны 2014 и 2015 гг. резко различались по температурному фактору. Если среднемесячная температура июля в г. Мурманске по многолетним данным составляет 12,8 °С, то в июле 2014 она была выше и составила 13,6 °С, а в 2015 - значительно ниже нормы - 9,9 °С. Кроме того, в 2014-2015 гг., в центральной части города отмечено повышенное загрязнение угольной пылью и увеличение содержания суммы углеводородов. По-видимому, низкие температуры вегетационного сезона в сочетании с антропогенным воздействием усиливают отклонения в развитии пыльцевых зерен в ходе микроспрогенеза у *S. josikaea*.

О. Ф. Дзюба (2006) отмечает тот факт, что естественный полиморфизм пыльцы *S. josikaea* варьирует в пределах 1 - 10%, в условиях ухудшающейся экологической обстановки эти показатели могут увеличиваться (до 100%). В пробах г. Мурманска доля тератоморфной пыльцы колеблется от 7,1 до 31,3% в 2014 г. и от 8,5 до 36,1% в 2015 г., что свидетельствует о нарушениях микроспрогенеза и указывает на неблагоприятные экологические условия. При этом территория южной части города по данным палинологического анализа является более чистой, а центральный и северный районы города наиболее загрязненными.

Список литературы

- Бакташева Н.М., Сероглазова Н.Г.* 2012. Индикация частоты окружающей среды по состоянию пыльцы растений, произрастающих в дельте Волги // Вестник МГОУ. Сер. «Естественные науки». № 1. С.65-68.
- Барыкина Р.П.* и др. 2004. Справочник по ботанической микротехнике. Основы и методы. М.: Изд-во МГУ. 312 с.
- Гонтарь О.Б., Жиров В.К., Казаков Л.А., Святковская Е.А., Тростенюк Н.Н.* 2010. Зеленое строительство в городах Мурманской области. Апатиты: изд. Кольского научного центра РАН. 292 с.
- Горб В.К.* 1989. Сирени на Украине. Киев: Наукова Думка. 160 с.
- Дзюба О.Ф.* 2006. Палиноиндикация качества окружающей среды. СПб.: Недра. С. 158-174
- Дзюба О.Ф., Кочубей О.В.* 2014 Качество пыльцы растений как индикатор интенсивности воздействия нефтегазового комплекса на природную среду охраняемых территорий России // Нефтегазовая геология. Теория и практика. Т.9. №4. http://www.ngtp.ru/rub/7/48_2014.pdf

- Жакова С. Н. 2015. Репродуктивная биология некоторых видов и культиваров рода сирень *Syringa L.*: автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Пермь. 23 с.
- Жакова С.Н., Новоселова Л. В. 2014. Эмбриологические особенности строения и развития семязачатков и зародышевых мешков некоторых видов *Syringa L.*// Современные проблемы науки и образования. № 6. <http://www.science-education.ru/12016177>
- Морозова Д.А., Василевская Н.В. 2015. Динамика показателей палиноморфологического анализа *Syringa josikaea* в условиях техногенного загрязнения г. Мурманска// Экологические проблемы промышленных городов. Материалы 7-й Всероссийской научно-практ. конф. с Межд. участием. Саратов. С. 143-146
- Морозова Д.А., Василевская Н.В. 2014. Палиноморфологический анализ *Syringa josikaea* в условиях арктического города (на примере г. Мурманска) // Современное состояние, тенденции развития, рациональное использование и сохранение биологического разнообразия растительного мира: материалы Междунар. конф. Минск. С. 223-226
- Полякова Н. В. 2010. Биологические особенности представителей рода *Syringa L.* при интродукции в Башкирском Предуралье: дисс. ... канд. биол. наук. Уфа. 188 с.
- Полякова Н.В. 2011. Биология семян видов сирени в ботаническом саду г. Уфы // Научные ведомости БелГУ. Сер. «Естественные науки». №3 (98). Выпуск 14/1. С. 56-60.
- Полякова Н.В. 2009. Жизнеспособность пыльцы видов рода *Syringa L.* при интродукции// Бюллетень ботанического сада саратовского государственного университета. № 8. С 235 – 238
- Полякова Н.В. 2011. Сезонный ритм развития видов рода *Syringa L.* в г. Уфа // Вестник ИрГСХА. Иркутск. Вып. 44, часть II. С. 120-125
- Пшеничкова Л.М. 2007. Сирени, культивируемые в Ботаническом саду-институте ДВО РАН. Владивосток. 113 с.
- Святковская Е.А., Гонтарь О.Б., Тростенюк Н.Н., Костина В.А. 2009. Видовое разнообразие и состояние древесных интродуцентов в разных типах озелененных территорий г. Апатиты // Вестник МГТУ. Т.12. № 3. С.539 - 544
- Токарев П. И. 2004. Палинология древесных растений, произрастающих на территории России: диссер. докт. биол. наук. Москва. 498 с.
- Шаренкова Е. А. 1969. Биология цветения, опыления и цитоэмбриологическое исследование некоторых видов сирени в условиях Прибайкалья: автореферат дис.канд. биол. наук. Минск. 19 с.

PALYNOMORPHS OF THE *SYRINGA JOSIKAEA* INTRODUCED INTO THE ARCTIC CLIMATE

D. A. Morozova, N. V. Vasilevskaya

Murmansk Arctic State University, Murmansk

Article presents palynological analysis of pollen of *Syringa josikaea* in the Arctic climate. The palynological analysis conducted from five pilot sites in the city revealed 14 teratomas types of pollen grains. This is significantly large number than reported for other regions of Russia. The high morphological variability of pollen is manifested in the formation of a large number of teratomas. The level of developmental disorders ranges from 7% to 36%, indicating the violations of microsporogenesis under the harsh environmental conditions.

Keywords: *palynoindication, Syringa josikaea, teratomorphism, Arctic.*

Об авторах:

МОРОЗОВА Дарья Анатольевна – аспирант кафедры естественных наук ФГБОУ ВО «Мурманский арктический государственный университет», 183038, Мурманск ул. Капитана Егорова, д. 15; методист РЦДО ГОБОУ «Минькинская КШИ», e-mail: darya-morozova-89@inbox.ru

ВАСИЛЕВСКАЯ Наталья Владимировна – доктор биологических наук, профессор кафедры естественных наук, ФГБОУ ВО «Мурманский арктический государственный университет», 183038, Мурманск, ул. Капитана Егорова, д. 15, e-mail: n.v.vasilevskaya@gmail.com

Морозова Д.А. Палиноморфы *Syringa josikaea* при интродукции в арктическом климате / Д.А. Морозова, Н.В. Василевская // Вестн. ТвГУ. Сер.: Биология и экология. 2017. № 1. С. 175-183.