

ИЗМЕНЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ГЕНЕРАТИВНЫХ ОРГАНОВ PINUS SYLVESTRIS L. В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

CHANGING THE PARAMETERS OF GENERATIVE ORGANS PINUS SYLVESTRIS L. IN CONDITIONS OF TECHNOGENIC POLLUTION

V. Drozhzhina

Summary. Under conditions of environmental pollution by emissions of man-made origin of various genesis, a change in the parameters of generative organs is observed in *Pinus sylvestris* L. These changes depend on the level of pollution and can be used as diagnostic signs for monitoring the condition of areas exposed to pollutants.

Keywords: air bag, female cone, conostrobil, contact parastichs, microsporophyll, microstrobil, male cone, palinoidication, pollen grain, seed scales, scots pine, terat, exina.

Дрожжина Вероника Николаевна

Доцент, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный педагогический университет»
o.drozhzhin@gmail.com

Аннотация. В условиях загрязнения окружающей среды выбросами техногенного происхождения различного генеза наблюдается изменение параметров генеративных органов у *Pinus sylvestris* L. Эти изменения зависят от уровня загрязнения и могут быть использованы в качестве диагностических признаков для мониторинга состояния территорий, подверженных воздействию поллютантов.

Ключевые слова: воздушный мешок, женская шишка, коностробил, контактные парастихи, микроспорофилл, микростробил, мужская шишка, палиноиндикация, пыльцевое зерно, семенная чешуя, сосна обыкновенная, терат, экзина.

Выбросы промышленных предприятий и автотранспорта негативно воздействуют на вегетативные и генеративные органы *Pinus sylvestris* L. Нарушения в репродуктивной сфере наблюдаются в изменении морфометрических параметров стробилов, нарушении процессов спорогенеза и гаметогенеза, жизнеспособности пыльцы, количестве и качестве семян [1, 2, 3]. Негативное воздействие оказывают крупные промышленные комплексы, а также хроническое умеренное загрязнение небольших предприятий. Целью работы было проанализировать показатели генеративных органов сосны обыкновенной в условиях умеренного загрязнения на территории Эртильского района Воронежской области и выявить признаки наиболее показательные для использования в целях мониторинга загрязнения.

Исследования проводились в Эртильском районе Воронежской области в 2018–2020 гг. На территории района были заложены 7 пробных площадок (ПП), в зонах с разным уровнем загрязнения. Древостой на площадках смешанный искусственного происхождения. Возраст модельных деревьев составляет около 30–40 лет.

Пробная площадка номер один заложена на территории села Щучинские пески Эртильского района Воронежской области, находящаяся на расстоянии 25 км

от техногенных источников загрязнения. Визуальная оценка жизненного состояния популяции позволила определить её как здоровую.

Вторая и третья пробные площадки заложены в городе Эртиль вблизи МКОУ «Соколовская СОШ» (по улице Комарова). Площадки расположены на расстоянии 3 км от предприятий: ОАО «Завод растительных масел Эртильский», ОАО «Литейно-механический завод», ОАО «Эртильское АТП».

Четвёртая и пятая пробные площадки заложены в городе Эртиль. Площадки находятся в непосредственной близости от предприятий ОАО «Эртильский сахар», ОАО «Эртильский литейно-механический завод», МУП «Эртильское коммунальное хозяйство» и ОАО «Эртильский АТП».

Шестая площадка находится в лесном массиве урочище Шелюга вдоль трассы «Курск-Борисоглебск-Панино-Эртиль». Лесной массив располагается вдоль автотрассы на удалении 10 метров от полотна дороги, но находится на большом расстоянии (25 км) от воздействия предприятий Эртильского района.

Седьмая площадка заложена в условно чистой зоне на территории села Борщевские Пески Эртильского района Воронежской области, на расстоянии 30 км

Таблица 1. Морфометрические показатели микростробиллов *Pinus sylvestris* L.

| № ПП | Длина микростробила, мм | Диаметр микростробила, мм | Количество микростробиллов в собрании | Количество микроспорофиллов, шт. |
|------|-------------------------|---------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|
| 1 | 18,8±0,11 | 8,9±0,08 | 19,3±0,98 | 30,1±0,31 |
| 2 | 17,8±0,09 | 8,0±0,04 | 17,4±0,66 | 27,9±0,29 |
| 3 | 17,5±0,08 | 7,4±0,10 | 17,3±0,56 | 29,5±0,27 |
| 4 | 14,0±0,12* | 6,8±0,09* | 16,7±0,89 | 23,7±0,25* |
| 5 | 13,0±0,15* | 6,2±0,09* | 16,8±0,75 | 23,7±0,24* |
| 6 | 13,4±0,16* | 6,4±0,12* | 15,6±0,29 | 25,4±0,29* |
| 7 | 18,4±0,19 | 9,3±0,09 | 20,3±0,22 | 33,5±0,32 |

* — достоверно по отношению к контролю

от техногенного давления предприятий. Состав древостоя на пробной площадке однородный, лесонасаждение естественное.

На каждой пробной площадке выбирались одно-возрастные модельные деревья *Pinus sylvestris* L. Материалом для исследования послужили генеративные органы, собранные с деревьев, произрастающих в указанных зонах.

Анализировались женские и мужские шишки сосны. Сбор урожая женских шишек (макростробиллов) проводился во второй декаде марта до начала естественного выпадения семян согласно срокам сбора, рекомендованным для данного вида. Сбор урожая мужских шишек (микростробиллов) проводился в июне, согласно стандартным ботаническим методикам. Морфометрические параметры шишек измерялись штангенциркулем с точностью до 0,1 мм. Общее количество семенных чешуй, количество семенных чешуй фертильного яруса и количество левозакрученных и правозакрученных парастих в женских шишках определяли прямым подсчетом. Мужские шишки подвергали гербаризации и консервации в 40% этиловом спирте для дальнейшего исследования. Пыльцу исследовали под микроскопом приготавливая временные препараты, определяли размеры микроспор и вычленили аномально развитые пыльцевые зерна. В работе использовался тринокулярный микроскоп Levenhuk MED 20T и окулярная видеокамера Levenhuk M 35 BASE.

Статистическая обработка результатов выполнена с использованием пакета анализа данных Microsoft Excel 2010. Обоснование существенности различий исследуемых параметров выполнено с использованием параметрических тестов (критерий Стьюдента).

Мужская генеративная сфера сосны представлена мужскими шишками или микростробилами. Длина их колеблется от 13 до 18 мм, диаметр от 6 до 9 мм. В со-

став микростробила входят микроспорофиллы в количестве от 23 до 33 штук, на нижней стороне которых расположены микроспорангии с микроспорами. Для анализа отбирались желтопыльниковые формы сосны, которые являются преобладающими на исследуемых территориях, по сравнению с краснопыльниковыми формами. Известно, что морфометрические показатели микростробиллов этих двух форм отличаются друг от друга, так же, как и показатели их микроспор. Микростробиллы старались собирать с деревьев с мужской сексуализацией, чтобы максимально усреднить показатели выборки [4, 5].

В условиях 4, 5, 6 пробных площадок наблюдалось достоверное уменьшение линейных параметров микростробиллов. На 2 и 3 пробной площадке достоверных изменений эти показатели не дают. Количество микроспорофиллов в среднем уменьшается на загрязненных площадях, но отличается очень большим коэффициентом вариации, можно предположить, что этот признак не такой информативный. Так же уменьшается в среднем количество микростробиллов в собрании мужских шишек, но существует значительный разброс между минимальными и максимальными показателями этого признака в пределах одной площадки (табл. 1).

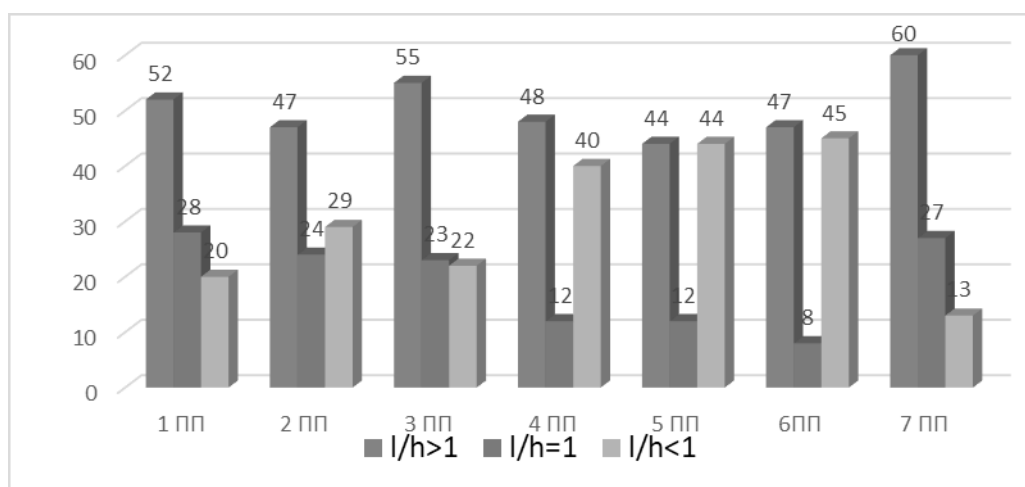
При изучении пыльцевых зерен мы обратили внимание на палиноиндикацию, то есть на морфометрические параметры пыльцевых зерен. Типичные пыльцевые зерна имеют строение, описанное в целом ряде работ. Для оценки их аномальности чаще других используют следующие показатели: параметры тела пыльцевого зерна (длину и высоту); параметры воздушных мешков (ширину и длину), наличие воздушных мешков и их развитие; форму пыльцевых зерен [6, 7, 8].

Зерна, имеющие необычную форму называют тератами. Определенное количество таких тератных зерен присутствует на всех пробных площадках, но процент аномалий невелик, обычно он не превышает 2–3%.

Таблица 2. Морфометрические параметры пыльцевых зерен *Pinus sylvestris* L.

| № ПП | Длина тела пыльцевого зерна, мкм | Высота тела пыльцевого зерна, мкм | Длина воздушного мешка, мкм | Высота воздушного мешка, мкм |
|------|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| 1 | 42,3±0,54 | 40,1±0,98 | 33,2±0,40 | 31,2±0,43 |
| 2 | 41,9±0,43 | 41,2±0,76 | 30,7±0,38 | 33,2±0,34 |
| 3 | 42,0±0,44 | 41,2±0,49 | 28,7±0,31 | 28,5±0,47 |
| 4 | 40,1±0,52 | 40,9±0,77 | 27,5±0,34 | 28,3±0,36* |
| 5 | 39,5±0,34 | 39,2±0,65 | 25,8±0,52* | 29,8±0,87 |
| 6 | 39,0±0,33 | 40,1±0,98 | 23,4±0,48* | 26,7±0,53* |
| 7 | 42,2±0,47 | 39,3±0,67 | 35,3±0,39 | 33,6±0,43 |

* — достоверно по отношению к контролю

Рис 1. Процент пыльцевых зерен *Pinus sylvestris* L. с различными коэффициентами формы тела

В условиях загрязнения количество может возрастать до 30%, что наблюдается на 6 ПП. Среди наиболее часто встречающихся аномалий можно отметить следующие. Тело пыльцевого зерна имеет длину значительно превышающую высоту, примерно в 2–2,5 раза. Из-за этого зерно кажется приплюснутым, воздушные мешки, которые в норме сближены на дистальной стороне сдвигаются в стороны. Форма зерна может меняться с округлой на полукруглую или подковообразную. Выгнутой становится дистальная сторона, а проксимальная еще более выпуклой. Небольшой процент из всех аномальных зерен практически не имеет воздушных мешков. На их месте видны небольшие вздутия экзины, которые имеют как бы смятую форму. Могут наблюдаться не типичные выросты на самом теле зерна или на пыльцевом мешке. Более частый процент аномалий в развитии воздушных мешков проявляется в недоразвитии одного из мешков. При этом второй может быть либо нормального размера, либо он будет очень маленьким, либо напротив несоразмерно большим. Воздушные мешки могут проявлять тенденцию к срастанию и тогда пыльцевое зерно как бы окружено разросшейся эк-

зиной. Встречались одиночные зерна с удвоением количества воздушных мешков, либо их наблюдалось 3. В условиях загрязнения могут наблюдаться аномально мелкие или наоборот гигантские пыльцевые зерна [9, 10, 11, 12].

Размеры пыльцевого зерна таковы, что длина и высота примерно одинаковы, но в большинстве случаев длина превосходит несколько ширину и соотношение между этими показателями больше единицы. Высота тела пыльцевого зерна колеблется в пределах от 32 до 42 мкм, длина тела в пределах от 39 до 43 мкм. Средние размеры тела пыльцевых зерен изменяются на пробных площадках незначительно несмотря на то, что как мы уже указывали встречаются зерна с аномально маленькими параметрами и с аномально большими. Достоверные отличия в параметрах по сравнению с контролем отмечены на 6 ПП подверженной воздействию выбросов автотранспорта. Размеры зерен в среднем уменьшаются. Параметры воздушных мешков показывают, что высота мешков колеблется в пределах от 26 до 33 мкм. Длина воздушных мешков изме-

Таблица 3. Количество шишек *Pinus sylvestris* L.c разным соотношением парастих (в %)

| № ПП | Соотношение парастих | | | | | | | | | |
|------|----------------------|-----|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 5/8 | 8/5 | 8/13 | 13/8 | 2/3 | 3/5 | 3/8 | 8/3 | 2/6 | 6/2 |
| 1 | 34 | 37 | 12 | 13 | 2 | 2 | - | - | - | - |
| 2 | 45 | 45 | 1 | 1 | 3 | 5 | - | - | - | - |
| 3 | 40 | 36 | 9 | 9 | 3 | 1 | - | 1 | 1 | - |
| 4 | 31 | 37 | 3 | 7 | 8 | 9 | - | - | 1 | 4 |
| 5 | 35 | 31 | 8 | 7 | 5 | 5 | 3 | 2 | 2 | 4 |
| 6 | 33 | 33 | 6 | 6 | 5 | 7 | 2 | 2 | 3 | 3 |
| 7 | 41 | 34 | 12 | 11 | - | 2 | - | - | - | - |

няется от 23 до 35 мкм, чаще всего длина превосходит высоту (табл. 2).

Кроме линейных промеров тела пыльцевого зерна нами были вычислены коэффициенты соотношения длины к высоте пыльцевого зерна. Эти данные показывают, что во всех случаях преобладает коэффициент больше 1. Однако в условиях загрязнения повышается доля пыльцевых зерен с изменением этого коэффициента в сторону уменьшения. Есть определенный процент зерен, где коэффициент равен единице. То есть под воздействием поллютантов увеличивается высота тела пыльцевого зерна. На 5 и 6 ПП процент пыльцевых зерен, у которых высота превышает длину увеличивается с 13% до 45% (рис. 1). На 4, 5, 6 ПП параллельно с увеличением процента пыльцевых зерен с большей высотой тела, уменьшается процент пыльцевых зерен, где это соотношение равно единице.

Наибольшее количество пыльцевых зерен с практически округлой формой наблюдается на 1 и 7 ПП — 28%, чуть меньшее количество — 23% на 2 и 3 ПП. Подобные изменения позволяют сделать вывод, что информативными признаками являются не только и не столько линейные размеры, а коэффициенты соотношения этих размеров, которые позволяют характеризовать форму тела пыльцевых зерен и выделять в последующем различные палиноморфы, характеризующие тот или иной уровень загрязнения.

Женская шишка представляет собой более сложное образование, чем мужская это констробил. В каждом констробиле есть ось шишки семенные и кроющие чешуи, которые срастаются друг с другом. Закладываются чешуи в определенном порядке по такому же принципу, что идет закладка листьев, то есть согласно законам филотаксиса, а это значит, что процесс заложения чешуй строго контролируется генетически. В одной шишке есть левозакрученные спирали и правозакрученные спирали, называемые контактными парастихами. Количество парастих строго определено для конкретной шишки и число правозакрученных соотносится с чис-

лом левозакрученных как числа Фибоначи в известной математической последовательности. В шишке сосны такие числа чаще всего равны 5, 8 и 13 и соответствуют количеству левых и правых парастих. Есть шишки с преобладанием правозакрученных спиралей, а есть — левозакрученных. Они будут соответственно называться правозакрученными или левозакрученными. В норме количество таких шишек примерно одинаково и сосну можно назвать изомерным или рацемическим видом.

Исследование большого количества женских шишек показало, что пропорции могут нарушаться, также, как и числа в последовательности перестают сохранять свой порядок, а, следовательно, нарушается соотношение между ними которое должно сохраняться постоянным равным 1,6. Изменение будет говорить о нарушении симметричности органа. Асимметрия давно используется в целях диагностики изменения условий существования как растительных, так и животных организмов.

Нами были проанализированы женские шишки на предмет определения количества парастих, количества право- и левозакрученных шишек, количества аномально развитых шишек.

Чаще всего у сосны обыкновенной встречаются шишки с количеством парастих 5/8 и 8/5. Крупные хорошо развитые шишки имеют числа парастих 8/13 и 13/8 соответственно. Соотношение между изомерами с этими показателями 1:1. В условиях загрязнения появляются шишки с меньшим количеством парастих, но укладываемых в последовательность Фибоначи. Такие шишки считаются недоразвитыми и часто не несут семян, либо количество семян незначительно. Количество парастих в таких шишках 2/3 и 3/5, на долю таких шишек приходится 10%. Встречаются шишки меньшего размера на всех пробных площадках, в зоне интенсивного загрязнения их количество достоверно повышается. На 4, 5, 6 площадках появляются шишки с количеством парастих не укладываемых в ряд Фибоначи, это шишки 3/8, 8/3, 2/6, 6/2. Форма таких шишек непра-

Таблица 4. Морфометрические показатели женских шишек *Pinus sylvestris* L.

| № ПП | Вес, гр | Длина, см | Ширина, см | Длина/ ширина | Количество семенных чешуй, шт. | Количество фертильных чешуй, шт. |
|------|-----------|-----------|------------|------------------|-----------------------------------|--|
| 1 | 9,0±0,30 | 4,4±0,06 | 3,8±0,04 | 1,16 | 50,0±0,43 | 20,6±0,19 |
| 2 | 7,3±0,11 | 4,1±0,02 | 3,8±0,08 | 1,08 | 45,5±0,42 | 18,6±0,20 |
| 3 | 7,0±0,11 | 4,1±0,04 | 3,7±0,15 | 1,11 | 46,7±0,35 | 19,0±0,18 |
| 4 | 6,9±0,24* | 3,8±0,04* | 3,4±0,07 | 1,12 | 43,3±0,45* | 18,2±0,18* |
| 5 | 6,5±0,11* | 3,7±0,03 | 3,2±0,05* | 1,16 | 44,5±0,38* | 17,8±0,19* |
| 6 | 8,6±0,16 | 4,2±0,04 | 3,6±0,05 | 1,17 | 49,8±0,42 | 19,0±0,19 |
| 7 | 8,7±0,30 | 4,4±0,07 | 3,8±0,10 | 1,16 | 50,7±0,48 | 21,4±0,16 |

* — достоверно по отношению к контролю

вильная, они часто однобокие или несколько согнутые, причем раскрываются такие шишки не полностью, сторона на которой находится меньшее количество парастих, обычно засмолена и не открывается, обнаружить там семена не удалось. Длина и ширина таких шишек значительно уменьшаются. Процент аномально развитых шишек составляет около 7–10% и в целом на 4–6 пробных площадях встречается до 20% аномально развитых шишек (табл. 3).

Кроме количества парастих было проанализировано количество шишек и их линейные параметры, длина, ширина и соотношение этих величин, а также вес шишек с разных пробных площадок. Количество женских шишек показывает их значительное сокращение — в 1,5 раза в зоне загрязнения по сравнению с контролем.

Размеры шишек колеблются в фоновых условиях от 3 до 5 см в длину и от 3 до 6 см в ширину. Шишки, длина которых превышает 48 мм относятся к группе крупных шишек, надо отметить, что количество таких шишек на пробных площадях единичное и на 4–6 пробных площадках они не встречаются. Размер шишек на исследуемых участках можно оценить, как средний от 40 до 44 мм, ниже среднего показатели отмечены для 4 и 5 ПП. Мелкие шишки, размеры которых не превышают 36 мм встречаются штучно, они отмечены для всех пробных площадок, но в зоне воздействия поллютантов их количество возрастает.

Размеры шишек коррелируют с количеством семенных чешуй в целом и с количеством фертильных семенных чешуй, в частности. Следовательно, размеры шишек скажутся и на количестве семян, формируемых шишкой. Фертильные чешуи находятся в среднем яру-

се шишки и могут нести 1 или 2 семени. Крупные шишки могут нести 82 и более семенных чешуй, в средних шишках количество чешуй 68–75, и мелкие шишки несут около 60 семенных чешуй и меньше. Количество семенных чешуй в исследуемых шишках от 43 до 50 шт. в среднем, однако для каждой шишки, в зависимости от ее размеров эти показатели индивидуальны. Количество чешуй фертильного яруса колеблется от 17 до 21 штуки, что составляет примерно 40% от общего количества семенных чешуй [13, 14].

Если посмотреть на коэффициент соотношения длины к ширине, то можно выделить группы шишек по степени их удлиненности. Группа шишек с примерно одинаковыми параметрами, и группа с преобладанием длины над шириной (табл. 4). Шишки, коэффициент формы которых колеблется от 2,5 до 3 называются продолговатыми, широкие шишки имеют коэффициент равный 2–2,5, яйцевидные шишки имеют коэффициент 1,5–2 и шаровидные шишки характеризуются коэффициентом формы 1–1,5.

Средние показатели коэффициента формы женских шишек свидетельствуют о преобладании шаровидной формы шишек на всех пробных площадках.

Вес шишек колеблется от 7 до 9 гр., в условиях загрязнения уменьшаются линейные размеры шишек и, следовательно, их масса. Вес шишек сокращается на 20–30%. Усредненные показатели длины и ширины по каждой пробной площадке примерно одинаковые, также незначительно варьирует коэффициент соотношения длины к ширине женской шишки. Однако если обратить внимание на количество шишек с разными коэффициентами удлиненности, то можно отметить, что под воздействием загрязнителей увеличивается

доля шишек с преобладанием длины над шириной, в условиях низкого уровня загрязнения преобладают шишки с примерно одинаковыми параметрами. Количество семенных чешуй в шишках зависит от ее линейных параметров и особенно от ширины шишки.

Показатели генеративной сферы сосны обыкновенной изменяются в условиях антропогенного загрязнения. Морфометрические параметры мужской шишки длина и диаметр уменьшаются, уменьшается количество микростробиллов в собрании и количество микроспорифиллов в шишке. Последние показатели имеют большой коэффициент вариации. Микроспоры демонстрируют изменение показателей тела и воздушных мешков в сторону уменьшения в условиях загрязнения, но наиболее информативными являются коэффициенты соотношения длины тела пыльцевого зерна к высоте. В загрязненной зоне увеличивается количество пыльцевых зерен, где коэффициент становится меньше единицы, что свидетельствует о нарушениях в форме

пыльцевых зерен (увеличивается высота). Количество аномальных пыльцевых зерен достигает 30%-40%, аномалии выражаются в недоразвитии пыльцевых мешков, увеличении их количества до 3–4, изменении формы тела до подковообразной или сплюснутой.

Линейные параметры женских шишек в условиях загрязнения сокращаются, уменьшается масса шишек, количество чешуй и, следовательно, количество семян, форма шишки становится более вытянутой. Появляется большой процент женских шишек с нарушениями в заложении парастих. Кроме стандартного варианта с количеством правозакрученных и левозакрученных парастих 5/8 и 8/5 до 20% шишек имеют соотношения 2/6 и 6/2. Нарушение в заложении парастих приводит к изменению формы шишек, они становятся искривленными и однобокими. Таким образом изменения в генеративной сфере *Pinus sylvestris* проявляются как на количественном, так и на качественном уровне.

ЛИТЕРАТУРА

1. Носкова Н.Е., Третьякова И.Н., Носков Е.А. Особенности формирования мужской генеративной сферы сосны обыкновенной в условиях техногенеза // Хвойные бореальной зоны. — 2006. — Т. XXIII. — № 2. — С. 211–214.
2. Носкова Н.Е., Третьякова И.Н. Репродукция сосны обыкновенной в условиях глобального изменения климата и стратегические пути сохранения вида // Хвойные бореальной зоны. — 2011. — Т. XXVIII. — № 1–2. — С. 41–46.
3. Махнёва С.Г., Мохначёв П.Е., Меншиков С.Л. Особенности репродукции сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в условиях загрязнения магнетитовой пылью // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. — 2013. — № 3 — С. 8–9.
4. Седельникова Т.С., Пименов А.В., Ефремов С.П. Морфология пыльцы сосны обыкновенной на болотах и суходолах // Лесоведение. — 2004. — № 6. — С. 58–75.
5. Седельникова Т.С., Пименов А.В., Ефремов С.П., Муратова Е.Н. Особенности генеративной сферы сосны обыкновенной болотных и суходольных популяций // Лесоведение. — 2007. — № 4. — С. 44–50.
6. Дзюба О.Ф. Естественный полиморфизм пыльцы *Pinus sylvestris* L. в связи с некоторыми проблемами палеопалинологии // Современные проблемы палеофлористики, палеофитогеографии и фитоистратиграфии. Третья международная палеоботаническая конференция. — Москва. — 2005. — С. 84–88.
7. Дзюба О.Ф. О естественном полиморфизме пыльцы *Pinus sylvestris* в связи с некоторыми проблемами палеопалинологии // Материалы XI Всероссийской палинологической конференции «Палинология: теория и практика». — Москва. — 2005. — С. 115–118.
8. Дзюба О.Ф. Палиноиндикация качества окружающей среды. — Санкт-Петербург: Недра, 2006. — 197 с.
9. Тупицын С.С. Мужская генеративная сфера сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в разных экологических условиях (обзор) // АгроЭкоИнфо. — 2015, № 6. http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2015/6/st_30.doc.
10. Третьякова И.Н., Носкова Н.Е. Пыльца сосны обыкновенной в условиях экологического стресса // Экология. — 2004. — № 1. — С. 26–33.
11. Ибрагимова Э.Э. Индикация загрязнения окружающей среды в урбанизированных экосистемах с использованием пыльцы *Pinus sylvestris* L. // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Сер. «Биология и химия». — 2009. — Т. 22 (61). — № 4. — С. 54–65.
12. Коршиков И.И. Качество пыльцы сосны обыкновенной и цитогенетические изменения у ее семенного потомства как показателя влияния техногенно загрязненной среды Криворожья // Сибирский экологический журнал. — 2015. — № 2 — С. 310–317.
13. Вахнина И.Л., Макаров В.П. Морфобиологическая характеристика генеративных органов сосны в природно-техногенных условиях (Восточное Забайкалье) // Вестник Московского государственного университета леса — Лесной вестник. — 2014. — Т. 18. — № 5. — С. 20–25.
14. Вахнина И.Л. Изменчивость генеративных параметров *Pinus sylvestris* L. в условиях городского загрязнения // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. — 2014. — № 9. — С. 109–112.

© Дрожжина Вероника Николаевна (o.drozzhin@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»