

**А.З. Глухов, И.Н. Остапко, А.И. Сафонов**

**СОСТОЯНИЕ ПЫЛЬЦЫ *TRIPLEUROSPERMUM PERFORATUM* (MERAT)  
*M. LAIPZ* И *CICHORIUM INTYBUS* L. ПРИ ЗАГРЯЗНЕНИИ ПОЧВ  
 ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ**

пыльца, загрязнение, тяжелые металлы, растения

Для определения мутагенной активности почвы, обусловленной взаимодействием сложного комплекса природных и антропогенных факторов, целесообразно использовать биоиндикационные методы. Приоритетными мутагенами на территориях промышленных площадок в системе промузлов выступают тяжелые металлы [4, 5], повышающие степень дефектности пыльцы (СДП) дикорастущих травянистых растений вследствие нарушения процессов мейоза [6,8] при формировании пыльцевых зерен [3,12,14,17]. Влияние поллюто-активных факторов на формирование пыльцы, ее состояние и возможности использования для оценки загрязнения среды, в частности тяжелыми металлами, изучено мало [2]. Целью настоящей работы является изучение состояния пыльцевых зерен *Tripleurospermum perforatum* (Merat) *M. Laipz* и *Cichorium intybus* L. в различных условиях загрязнения почв тяжелыми металлами.

Объектами исследований служили пыльцевые зерна *T. perforatum* и *C. intybus*. По ботаническим характеристикам (амфиимиктичность, длительный период цветения, простота определения видовой принадлежности, широкая экологическая амплитуда, а, следовательно, частая встречаемость в техногенных экотопах и антропоотолерантность) выбранные тест-растения оптимально соответствуют требованиям при реализации палинологического аспекта общего фитоиндикационного поллютомониторинга. При выборе участков обследования учитывали рельеф местности (выравненные территории) и однородность водного режима почв. В качестве контроля были выбраны участки с естественным растительным покровом и минимальным воздействием антропогенных факторов. В нижеследующем списке они соответствуют первым четырем точкам. Отбор почвенных образцов и пыльцевого материала проводили в следующих точках на территориях Артемовского и Константиновского районов в системе Артемовского и Краматорско-Константиновского промузлов Донецкой экономической формации [4]:

- 1) с. Тарасовка (Константиновский р-н);
- 2) с. Миньковка (Артемовский р-н, канал Северский Донец-Донбасс);
- 3) ландшафтный заказник "Артемовские насаждения" (Артемовская дистанция защитных лесонасаждений);
- 4) с. Звановка (Артемовский р-н, долина реки Бахмут);
- 5) центральный городской рудеральный комплекс (г. Артемовск);
- 6) Артемовский завод по обработке цветных металлов;
- 7) Константиновский механизированный стекольный завод;
- 8) Константиновский завод "Укрцинк";
- 9) Часовоярский огнеупорный комбинат;
- 10) Артемовский машиностроительный завод "Победа труда".

Территории точек 5-10 относятся к зонам экологического бедствия, где техногенный прессинг (в т.ч. загрязнение тяжелыми металлами) в изучаемом регионе максимален. На каждом из выбранных участков (площадь 100 м<sup>2</sup>) с 30 растений, отобранных случайным образом, собирали пыльники со зрелой пылью, затем фиксировали их в растворе Чемберлена. Для окрашивания пыльцы использовали красители – метиленовый синий и ацетокармин [13, 16]. Анализ приготовленного препарата проводили на микроскопе Ergaval при малом увеличении

(10 x 16). Подсчет нормальной и дефектной пыли проводили в соответствии с методикой [11]. Предельно допустимый показатель СДП (отношение количества зерен с дефектами к общему их количеству в поле зрения), выраженный в процентах, соответствует индексу 10 [7]. Содержание Pb, Zn, Cd, Mo, Ni, Cr, Fe, Cu в образцах почвы определяли рентгенофлуоресцентным методом на приборе "Спектроскан" [9]. Отбор образцов на глубине 5–15 см и их подготовку к анализу проводили по общепринятым методикам [1, 10]. Стандартом служил образец злаковой травосмеси [15]. Статистическая обработка результатов проведена с помощью прикладных программ на ПЭВМ, результаты достоверны при  $P < 0,05$ .

Таблица 1. Показатели степени дефектности пыли *Tripleurospermum perforatum* и *Cichorium intybus* в местообитаниях, загрязненных тяжелыми металлами\*

| Номер точки сбора образцов пыли | Степень дефектности пыли |       |             |       |                   |       |             |       |
|---------------------------------|--------------------------|-------|-------------|-------|-------------------|-------|-------------|-------|
|                                 | <i>T. perforatum</i>     |       |             |       | <i>C. intybus</i> |       |             |       |
|                                 | красители                |       |             |       | красители         |       |             |       |
|                                 | метиленовый синий        |       | ацетокармин |       | метиленовый синий |       | ацетокармин |       |
| M ± m                           | CV, %                    | M ± m | CV, %       | M ± m | CV, %             | M ± m | CV, %       |       |
| 1                               | 1,90±0,10                | 16,64 | 3,63±0,15   | 19,61 | 0,56±0,08         | 31,62 | 1,89±0,11   | 17,65 |
| 2                               | 2,50±0,11                | 20,52 | 4,11±0,11   | 8,11  | 0,88±0,09         | 20,21 | 3,14±0,14   | 12,03 |
| 3                               | 4,10±0,10                | 7,71  | 6,00±0,17   | 10,05 | 2,17±0,09         | 17,70 | 2,33±0,11   | 21,10 |
| 4                               | 4,10±0,10                | 7,71  | 5,31±0,21   | 14,15 | 2,14±0,09         | 17,64 | 4,14±0,14   | 9,12  |
| 5                               | 25,27±0,14               | 1,85  | 31,45±0,25  | 2,61  | 20,00±0,22        | 2,89  | 21,67±0,21  | 2,38  |
| 6                               | 21,25±0,16               | 2,18  | 26,13±0,13  | 1,35  | 17,17±0,17        | 2,38  | 18,00±0,26  | 3,01  |
| 7                               | 26,70±0,15               | 1,81  | 33,38±0,26  | 2,23  | 21,33±0,21        | 2,42  | 23,17±0,31  | 3,25  |
| 8                               | 29,38±0,26               | 2,53  | 36,00±0,33  | 2,78  | 22,33±0,33        | 3,66  | 25,17±0,31  | 2,99  |
| 9                               | 17,09±0,09               | 1,76  | 20,50±0,17  | 2,57  | 15,60±0,24        | 3,51  | 18,00±0,15  | 2,62  |
| 10                              | 15,89±0,11               | 2,10  | 19,70±0,15  | 2,45  | 14,17±0,17        | 2,88  | 16,89±0,11  | 1,97  |

\*Примечание: M ± m – среднее арифметическое значение ± погрешность, CV – коэффициент вариации признака

Таблица 2. Содержание металлов в почве в местообитаниях *Tripleurospermum perforatum* и *Cichorium intybus*, мг/кг сухой массы\*

| Номер точки отбора почвенных образцов | Содержание металлов |       |              |       |           |       |           |       |
|---------------------------------------|---------------------|-------|--------------|-------|-----------|-------|-----------|-------|
|                                       | Pb                  |       | Zn           |       | Cd        |       | Mo        |       |
|                                       | M ± m               | CV, % | M ± m        | CV, % | M ± m     | CV, % | M ± m     | CV, % |
| 1                                     | 70,24±0,49          | 1,35  | 214,29±9,75  | 3,28  | 0,50±0,01 | 2,79  | 2,21±0,02 | 6,26  |
| 2                                     | 72,01±0,92          | 3,74  | 203,77±6,92  | 2,91  | 0,40±0,01 | 2,38  | 1,91±0,03 | 2,47  |
| 3                                     | 81,81±0,86          | 1,97  | 253,01±5,83  | 5,15  | 0,42±0,01 | 2,38  | 0,74±0,05 | 9,24  |
| 4                                     | 103,72±1,52         | 2,26  | 266,94±2,33  | 0,21  | 0,43±0,01 | 2,31  | 1,25±0,04 | 4,55  |
| 5                                     | 125,84±0,95         | 0,75  | 497,74±8,75  | 1,25  | 2,27±0,13 | 5,72  | 2,91±0,09 | 5,71  |
| 6                                     | 987,25±11,13        | 1,52  | 515,07±1,71  | 0,24  | 0,49±0,01 | 2,24  | 1,52±0,01 | 0,76  |
| 7                                     | 50,46±0,42          | 2,56  | 96,79±1,66   | 3,83  | 1,48±0,01 | 0,68  | 1,43±0,01 | 1,24  |
| 8                                     | 104,74±0,94         | 1,85  | 966,07±2,31  | 0,54  | 1,55±0,01 | 2,07  | 1,44±0,08 | 4,94  |
| 9                                     | 104,74±0,94         | 1,99  | 374,02±15,29 | 10,03 | 1,03±0,01 | 4,12  | 0,92±0,01 | 0,30  |
| 10                                    | 116,74±6,59         | 4,94  | 495,93±14,79 | 9,64  | 0,79±0,01 | 3,74  | 1,53±0,60 | 5,79  |

| Номер точки отбора почвенных образцов | Содержание металлов |       |             |       |            |       |              |       |
|---------------------------------------|---------------------|-------|-------------|-------|------------|-------|--------------|-------|
|                                       | Ni                  |       | Cr          |       | Fe         |       | Cu           |       |
|                                       | M ± m               | CV, % | M ± m       | CV, % | M ± m      | CV, % | M ± m        | CV, % |
| 1                                     | 45,79±1,27          | 2,83  | 69,74±0,27  | 4,73  | 25,17±0,21 | 4,76  | 29,72±0,24   | 4,25  |
| 2                                     | 47,76±0,93          | 5,46  | 69,42±0,99  | 6,21  | 24,03±0,09 | 0,29  | 32,15±1,22   | 6,27  |
| 3                                     | 43,21±0,74          | 6,67  | 72,21±1,75  | 1,99  | 27,14±0,03 | 1,74  | 30,55±0,12   | 3,74  |
| 4                                     | 49,96±0,97          | 2,57  | 76,68±2,27  | 4,29  | 31,12±0,24 | 1,23  | 31,04±0,29   | 9,49  |
| 5                                     | 197,24±0,27         | 2,66  | 253,17±6,62 | 3,29  | 65,92±0,14 | 0,24  | 371,29±6,60  | 3,71  |
| 6                                     | 165,03±5,00         | 4,41  | 199,88±7,00 | 6,91  | 61,78±0,25 | 1,22  | 531,77±3,94  | 4,26  |
| 7                                     | 134,99±3,03         | 3,68  | 247,04±5,93 | 5,06  | 49,02±0,91 | 3,39  | 276,19±10,00 | 4,75  |
| 8                                     | 189,02±6,47         | 4,03  | 261,06±6,68 | 4,01  | 64,40±1,71 | 9,27  | 401,25±4,72  | 5,03  |
| 9                                     | 143,06±7,43         | 5,54  | 103,91±4,74 | 3,92  | 57,13±3,29 | 10,37 | 294,24±3,94  | 6,92  |
| 10                                    | 164,02±9,21         | 9,94  | 180,72±4,94 | 1,93  | 60,24±4,44 | 10,29 | 497,03±13,20 | 6,74  |

\*Примечание: Mm – среднее арифметическое значение ± погрешность, CV – коэффициент вариации признака

Проведенные светооптические исследования пыльцевого материала выявили соответствие минимальных показателей СДП для контрольных образцов, максимальных – для зон, соответствующих территориям промышленных площадок (табл. 1). Минимальный показатель СДП выявлен для пыльцы, собранной в контрольной точке 1 в с. Тарасовка, максимальный – в точках, расположенных на территориях Константиновского завода "Укрцинк", Константиновского механизированного стекольного завода и центрального городского рудерального комплекса г. Артемовска. Сравнение полученной информации о СДП с помощью красителей – метиленового синего и ацетокармина позволило выявить, что при обработке последним во всех условиях эксперимента деструкция пыльцевых зерен имеет более выраженный характер.

При определении видоспецифичной реакции пыльцы двух индикаторных видов отмечено, что показатель СДП *C. intybus* исключительно для всего эксперимента уступает таковому в случае *T. perforatum*, что может указывать на большую толерантность первого в палинологическом аспекте. Следовательно, межвидовой сравнительный анализ позволяет рассматривать *C. intybus* как фитотест-претендент, а *T. perforatum* – как тест-индикатор. При статистической обработке величин СДП отмечен высокий коэффициент вариации в контрольных точках 1, 2, 3.

Полученные данные рентгенофлуоресцентного анализа почвенных образцов на содержание Pb, Zn, Cd, Mo, Ni, Cr, Fe, Cu в 10 исследованных точках (табл. 2) являются основанием для разделения учетных зон на контрольно-фоновые и загрязненные тяжелыми металлами. Наибольшие концентрации Cd, Mo, Ni и Fe отмечены в почвах центрального рудерального комплекса г. Артемовска, Zn и Cr – Константиновского завода "Укрцинк", Cu – Артемовского завода по обработке цветных металлов, Pb – Константиновского механизированного стекольного завода. С целью выяснения связи между концентрацией тяжелого металла в почве и показателем СДП был проведен регрессионный анализ. В результате вычисленных коэффициентов корреляции металлы можно расположить по убыванию их токсичности в следующем порядке: Ni>Fe>Cu>Cr>Cd> Zn>Pb>Mo ( $r=0,97; 0,96; 0,94; 0,91; 0,79; 0,59; 0,12$  соответственно). Это свидетельствует о большем участии Ni, Fe, Cu, Cr, Cd и Zn в трансформации пыльцы по сравнению с Pb и Mo в данном диапазоне варьирования концентраций.

Таким образом, для реализации комплексного фитоиндикационного поллютомониторинга метод палинологических характеристик можно считать приемлемо информативным и доступным, а индикаторные виды *Tripleurospermum perforatum* (Merat) M. Laipz и *Cichorium intybus* L. модельными тест-культурами.

- 1 Аришуккина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1970. – 487 с.
- 2 Бессонова В.П. Состояние пыльцы как показатель загрязнения среды тяжелыми металлами // Экология. – 1992. – № 4. – С. 45–50.
- 3 Гулта Ш.Ц., Нанда К. Развитие аномальных клеток тапетума и их значение // Апомиксис у растений и животных. – М.: Наука, 1978. – Вып. 35. – С. 211–216.
- 4 Дудик А.М. Временные методические рекомендации по геолого-экологическим работам в пределах горнопромышленных районов Украины – Донецк: Б.и., 1992. – 105 с.
- 5 Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. – М.: Мир, 1989. – 439 с.
- 6 Константинов А.В. Мейоз. – Минск: Изд-во Белорус. ун-та, 1971. – 180 с.
- 7 Куприянова Л.А., Алешина Л.А. Пыльца и споры растений флоры Европейской части СССР. – Л.: Наука, 1972. – 171 с.
- 8 Мейер Н.Р. О развитии оболочек пыльцевого зерна покрытосеменных растений // Морфология цветковых растений. – М.: Наука, 1971. – С. 85–94.
- 9 Методические указания по проведению энергодисперсионного рентгенофлуоресцентного анализа растительных материалов. – М.: Колос, 1983. – 47 с.
- 10 Методы биохимического исследования растений. – М.: Агропромиздат, 1987. – 430 с.
- 11 Нечкина М.А., Жуков В.С. Способ биоиндикации мутагенов почвы // Гигиена и санитария. – 1997. – № 1. – С. 48–49.
- 12 Нокс Р.Б. Биология пыльцы. – М.: Агропромиздат, 1985. – 65 с.
- 13 Паушева З.П. Практикум по цитологии растений. – М.: Агропромиздат, 1988. – 271 с.
- 14 Резникова С.А. Цитология и физиология развивающегося пыльника. – М.: Наука, 1984. – 272 с.
- 15 Свидетельство на государственный стандартный образец состава злаковой травосмеси СЕМТ-02 № 3170-85. – Новосибирск, 1986. – 36 с.
- 16 Фурст Г.Г. Методы анатомо-гистохимического исследования растительных тканей. – М.: Наука, 1979. – 155 с.
- 17 Эхлин Л. Пыльца // Молекулы и клетки. – М.: Мир, 1969. – Вып. 4. – 163–183.

ДЭС НАН Украины

Получено 4.02.2000

УДК 581.4:581.9:628.5

Состояние пыльцы *Tripleurospermum perforatum* (Merat) M.Laipz и *Cichorium intybus* L. при загрязнении почв тяжелыми металлами / Глухов А.З., Остапко И.Н., Сафонов А.И. // Промышленная ботаника. – 2001. – Вып. – 1. – С. 84–87.

Изучено влияние загрязнения почвы тяжелыми металлами (Pb, Zn, Cd, Mo, Ni, Cr, Fe, Cu) на состояние пыльцы *Tripleurospermum perforatum* (Merat) M. Laipz и *Cichorium intybus* L. Показано, что в условиях загрязнения наблюдается повышение степени дефектности пыльцы. Предлагается использовать пыльцу этих видов для биоиндикации загрязнения среды тяжелыми металлами.

Табл. 2. Библиогр.: 17 назв.

Pollen state in *Tripleurospermum perforatum* (Merat) M.Laipz and *Cichorium intybus* L. under the pollution of soil with heavy metals / Glukhov A.Z., Ostapko I.N., Saphonov A.I. // Industrial botany. – 2001. – V. 1. – P. 84–87.

The impact of soil contamination by heavy metals (Pb, Zn, Cd, Mo, Ni, Cr, Fe, Cu) on pollen, state in *Tripleurospermum perforatum* (Merat) M. Laipz and *Cichorium intybus* L. has been studied. It has been shown that under pollution an extent of pollen imperfection increases. The pollen of these species is proposed for bioindication of environmental pollution by heavy metals.