

А.Ф. Лиханов

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В СТРОЕНИИ ГЕНЕРАТИВНЫХ ОРГАНОВ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ СЕМЕЙСТВА *ROSACEAE* JUSS. В ДОНБАССЕ

околоцветник, андроцей, гинецей, тератогенез, поллютанты, экологические факторы

Специфика экологических условий Донбасса обусловлена высоким уровнем техногенной нагрузки, которая в сочетании с континентальностью климата создает во многом крайне неблагоприятную среду для нормальной жизнедеятельности растений. На онтогенетическом уровне это выражается целым комплексом физиологических изменений [2, 4], анатомических и морфологических aberrаций, сдвигом в прохождении фенологических фаз, неотенией, нарушением биологических ритмов. Многие изменения имеют приспособительный характер и рассматриваются как адаптация или преадаптация растений [10]. Однако помимо полезных для растений свойств, существует целый ряд признаков, не имеющих специального приспособительного значения. К числу таких изменений у растений можно отнести тераты [13]. Накопление фактического материала по тератогенезу у растений дает возможность для более полного изучения характера взаимодействия растений с окружающей средой, раскрытия имманентных закономерностей индивидуального развития, решения некоторых вопросов, связанных с формо- и видообразованием.

В настоящее время имеются литературные сведения о нарушениях, возникающих у растений в результате засухи [11], связанные с колебаниями температуры [5], появляющихся в результате чрезмерного обогащения почвы микроэлементами [9], вызываемые различными техногенными загрязнителями [10], радиоактивными и химическими мутагенами [14], заболеваниями, вызванными вирусами и грибами [7] и др.

На промышленно развитых территориях Донбасса тератогенез у растений встречается довольно часто. Одной из основных причин этого, по мнению специалистов, является загрязнение окружающей среды фитотоксикантами [1]. При этом отмечается спорадический, иногда непредсказуемый характер появления у растений тератологических изменений, степень встречаемости которых сильно варьирует и во многом определяется индивидуальной чувствительностью растений к действию одного или аддитивному действию нескольких факторов. В связи с этим особый интерес вызывает массовое появление терат у растений близких таксонов: родов, семейств, порядков.

Ал.А. Федоров при изучении тератогенеза генеративных органов особое внимание уделял семействам *Ranunculaceae* L., *Papaveraceae* L., *Rosaceae* Juss. [12]. Систематизируя знания о морфологических отклонениях, выделял следующие: махровость, апеталия, фасциация, пролификация, «ветвистость», вивипария. Наиболее характерными для сем. *Rosaceae* являются махровость и фасциация. Целью наших исследований было описать и провести предварительный анализ наиболее типичных тератоморф у растений этого семейства в условиях г. Донецка, а также установить частоту встречаемости и возможные причины тератогенеза у отдельных представителей исследуемых видов.

Весной 2001 года на фоне техногенного загрязнения, недостатка влаги и значительного колебания температур в период формирования цветковых почек у растений этого семейства (с середины лета 2000 г. в течение 45 дней выпало всего 8,3 мм осадков, а максимальная температура воздуха в конце августа с 36,5 °С за 5 дней резко понизилась до 19,3 °С, при минимальной температуре в ночное время 8,6 °С, рис. 1) наблюдали массовое появление цветков с признаками тератологических нарушений. Изучение этого явления проводили на территориях

Пролетарского, Ворошиловского и Киевского районов г. Донецка, а также в городах Красноармейске, Славянске Донецкой области.

Исследование тератогенеза включало предварительную оценку и подбор групп и отдельных растений видов данного семейства для проведения многолетних наблюдений. Далее в периоды цветения древесных и травянистых растений изучали количественные и качественные показатели генеративных органов. У древесных растений тотальный подсчет цветков проводили на отдельных побегах северной экспозиции, на высоте 1,5–2 м; у травянистых форм при подсчете учитывали все растения исследуемой группы. Относительную встречаемость тератоморф определяли как процентное отношение количества аномальных цветков к общему количеству исследованных по формуле:

$$P = \frac{N_A \times 100}{N_0},$$

где P – относительная встречаемость, (%); N_A – количество аномальных цветков; N_0 – общее количество изученных цветков.

Степень загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами определяли методом рентгенфлюоресценции на приборе «Спарк-1М» с аппаратурной погрешностью 0,5%, анализ погодных-климатических условий проводили по данным Донецкого института агропромышленного производства.

Таблица 1. Тератологические нарушения в строении цветка видов сем. *Rosaceae* в условиях г. Донецка

Вид	Всего обследовано		Аномалии частей цветка				
	растений	цветков	цвето-ножка	чашечка	венчик	андроцей	гинецей
<i>Armeniaca vulgaris</i> L.	19	3342	+	+++	+++	+++	+
<i>Cerasus vulgaris</i> Mill.	14	1230	+	+	++	++	+
<i>Cerasus avium</i> (L.) Moench	9	540	+	+	+		
<i>Prunus domestica</i> L.	7	243		+	+		
<i>Padus racemosa</i> (Lam.) Gilib.	14	578	+	+	+		
<i>Malus domestica</i> Borkh.	11	876	+	+	++	+	+
<i>Malus niedzwetzkyana</i> Dieck	5	340		++	++	+	
<i>Crataegus sanguinea</i> Pall.	7	525		+	+	+	
<i>Pyrus communis</i> L.	5	460		+	+	+	
<i>Sorbus aucuparia</i> L.	7	1000			0,001		
<i>Fragaria vesca</i> L.	54	875	+	+	+	+	
<i>Fragaria viridis</i> Duch.	28	76		+	+	+	+
<i>Geum urbanum</i> L.	60	85		+	+	+	
<i>Rubus idaeus</i> L.	27	63		+	+		
<i>Spirea media</i> Franz Schmidt.	15	3500	+	+	+	+	+

Примечание: + до 5% цветков имеют аномальное строение;
 ++ до 15% цветков имеют аномальное строение;
 +++ до 30% и более цветков имеют аномальное строение.

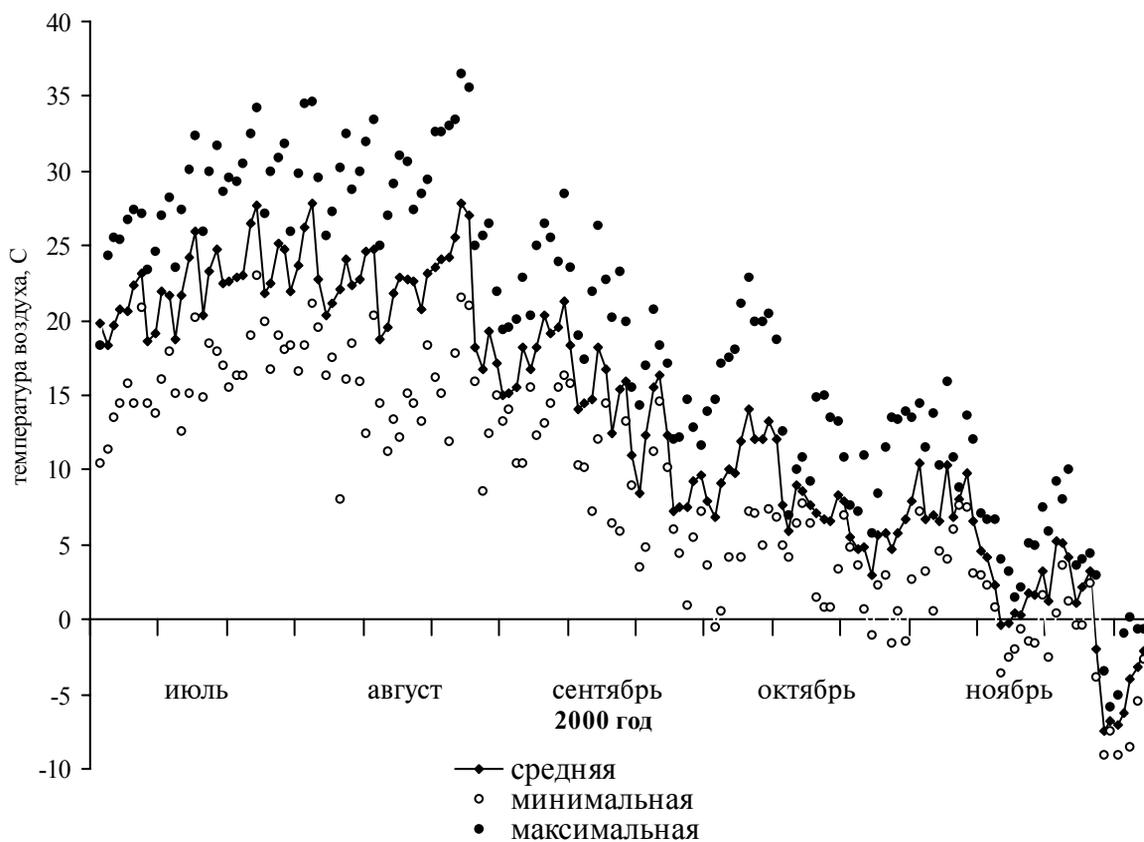


Рис. 1. Колебания суточных температур в период органогенеза генеративных почек древесных растений сем. *Rosaceae*

В результате трех месяцев наблюдений были выявлены различные аномалии в строении цветков у 16 видов растений семейства *Rosaceae* (Табл. 1).

Первым объектом наших исследований был абрикос обыкновенный (*Armeniaca vulgaris* L.), цветение которого началось 9–10 апреля. У некоторых растений наблюдали достаточно большое количество аномальных цветков, главным образом с махровым венчиком (рис. 2). Были выявлены цветки с шестичленным околоцветником (до 70% аномальных цветков), с семичленным околоцветником (до 5% цветков), цветки с шестичленным венчиком и пятичленной чашечкой (до 25%). Более редким явлением было сокращение числа лепестков и чашелистиков до 4. У махровых цветков отмечали петализацию тычиночных нитей, степень уплощения которых сильно варьировала: от начальной, с развитыми пыльниками, до полной, с недоразвитыми или полностью редуцированными пыльниками (рис. 3). Реже отмечали обратное превращение лепестков в тычинкоподобные формы. Подобные изменения в строении цветков отмечены у растений разного возраста, разных сортов и произрастающих в разных районах г. Донецка. Следует отметить, что количество цветков с признаками аномалий сильно варьировало у одновозрастных растений даже в одинаковых эдафических условиях. В ряде случаев в непосредственной близости росли деревья, на которых насчитывалось до 45% тератных цветков, и растения, у которых все цветки имели правильную форму.

Изменения, аналогичные абрикосу, были обнаружены и у вишни обыкновенной (*Cerasus vulgaris* Mill.), цветение которой началось 17–18 апреля. Максимальное количество цветков с

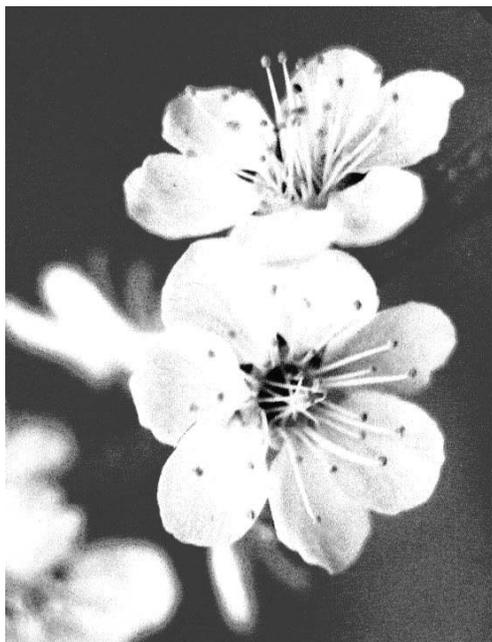


Рис. 2. Махровый венчик *Armeniaca vulgaris* L.

аномальными признаками на некоторых растениях составляло 15–17%. Морфологические изменения цветка, главным образом, были связаны с формой и количеством лепестков, которые приобретали ярко выраженную лопасть, иногда с глубоким расчленением пластинки. У махровых цветков количество лепестков, как правило, соответствовало количеству чашелистиков, что сохраняло правильное чередование их в кругах. Также обнаружены нарушения в строении гинецея. У некоторых растений наблюдали полное отсутствие пестика, что приводило к стерильности цветка. Иногда вследствие фасциации цветоножек двух соседних цветков происходило срастание и цветолож, что приводило к появлению совершенно нетипичных форм цветка. Сходные изменения были обнаружены и у черешни (*Cerasus avium* (L.) Moench).

Обследование растений черемухи (*Padus racemosa* (Lam.) Gilib.), цветение которых началось 20–21 апреля, показало, что для этого вида характерна большая устойчивость морфоло-

гических признаков генеративных органов. Максимальный показатель относительной встречаемости аномальных цветков составил 2–3%. Наиболее характерным для этого вида было увеличение количества лепестков, реже фасциация цветоножек и цветолож.

Цветение *Malus domestica* Borkh., *Malus niedzwetzkyana* Dieck, *Pyrus communis* L., *Prunus domestica* L. началось почти в одно время – 22–26 апреля. Наблюдения позволили выявить высокие показатели частоты встречаемости аномалий у яблони и сливы (8–10%) и несколько ниже у груши (3–5%). У яблони Недзвецкого были выявлены все типы нарушений характерные для абрикоса. Кроме того, отмечали явление частичного превращения чашелистиков в лепестки. При этом у соседних чашелистиков от середины к краю развивалась ткань характерная для лепестков. Типичным для яблони, как и для вишни, было срастание двух цветков цветоножками и цветоложем, что приводило к формированию асимметричных, сложных для описания форм цветков.

Из всех обследованных видов семейства самый низкий показатель встречаемости аномальных морфологических признаков генеративных органов был выявлен у рябины обыкновенной (начало цветения 2–3 мая) и рябины скандинавской (10–11 мая). У этих видов в условиях города из 1000 обследованных цветков только 1 имел махровый венчик с 6-ю лепестками.



Рис. 3. Петализация тычиночных нитей *Armeniaca vulgaris* L.

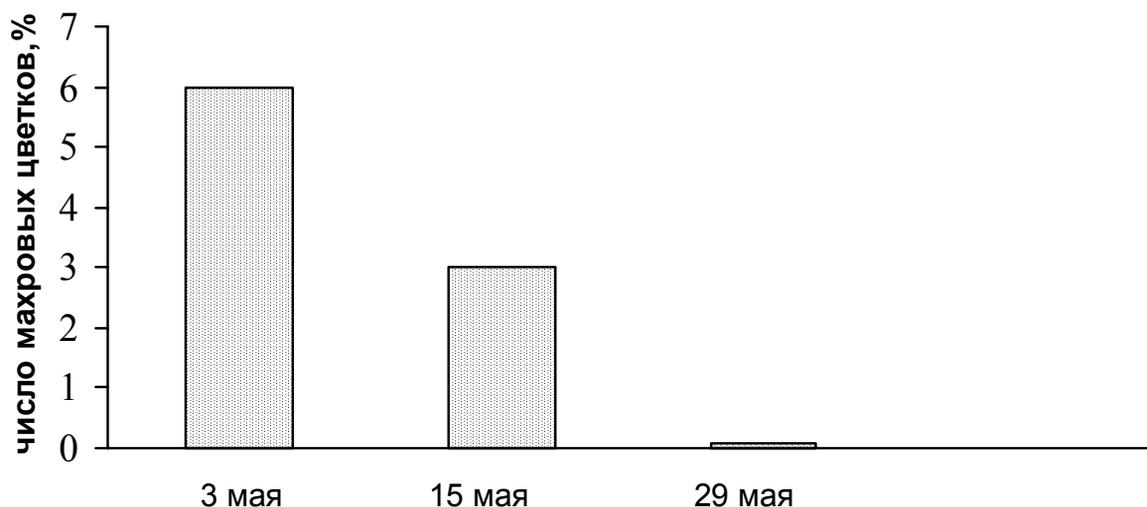


Рис. 4. Динамика уменьшения количества аномальных цветков *Fragaria vesca* L. с течением времени

Среди травянистых растений сем. *Rosaceae* аномалии цветков были изучены у земляники лесной (*Fragaria vesca* L.). Наблюдения за цветением этого вида проводили в течение месяца. Это позволило установить, что с течением времени количество цветков с аномальными признаками уменьшается (рис. 4). Наблюдали цветки с сильно уплощенными тычиночными нитями. Наиболее характерным было увеличение числа членов в кругах до 6, реже 7. У махровых цветков земляники лесной количество чашелистиков и листочков подчашия точно соответствовало количеству лепестков.

У гравилата городского (*Geum urbanum* L.) махровость имела признаки, сходные с земляникой, причем аномальные цветки встречались как вблизи источников активного загрязнения (автомагистрали, промплощадка шахты «9-Капитальная»), так и на северо-восточной окраине Донецка, вдали от промышленных предприятий и дорог. При осмотре отдельных групп этого вида у 4–5% растений были обнаружены цветки с признаками махровости. Количество лепестков и чашелистиков варьировало от 5 до 6–7.

Появление махровых цветков с правильным чередованием членов в кругах очень характерно для сем. *Rosaceae*. При этом существует некоторая особенность: во всех рассмотренных случаях увеличение количества чашелистиков приводило к соответственному увеличению количества лепестков, обратная зависимость нами не выявлена. Махровость цветков сопровождалась нарушениями в образовании археспориальной ткани, в развитии андроеца и гинецея, которые приводили к появлению стерильных или однополых цветков. Свидетельством этого является значительное снижение количества плодов у растений с высоким показателем относительной встречаемости махровых цветков (абрикос, вишня).

Обильное цветение спиреи средней (*Spiraea media* Franz Schmidt.), которое началось 11–12 мая, также сопровождалось появлением разнообразных морфологических отклонений. Однако для этого вида наиболее типичной была фасциация цветоножек. Степень их срастания сильно варьировала от частичной до полной, включая срастание цветоножек. Цветок при этом приобретал форму эллипсоидного бокала, гинецей состоял из 10–12 пестиков, чашечка из 10 чашелистиков, венчик из 10–14 лепестков. Примечательно то, что срастание происходило только у цветков, расположенных в центре щитковидного соцветия. На периферии аномальные цветки нами не обнаружены. Эта особенность была отмечена у более чем 150 соцветий из 15 осмотренных кустов.

Таблица 2. Содержание ионов тяжелых металлов в махровых цветках *Armeniaca vulgaris* L. в условиях г. Донецка

Место отбора пробы	Количество махровых цветков, %	Основные загрязнители среды	Содержание ионов металлов, мг/кг сухой массы цветков											
			Ba	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Pb	Se	Cd	Sr
ЦОФ	1-2	промышленная пыль	–	12,1	1,07	465,4	2,05	4,19	119,8	3,09	51,57	–	3,83	–
500 м от ЦОФ	3-5	промышленная пыль	68,8	–	4,77	217,2	4,44	–	77,36	2,04	–	–	–	108,7
ул. Щорса	15-17	выхлопные газы	–	–	3,98	160,2	–	5,40	69,37	6,94	47,57	2,21	1,66	–
ул. Прожекторная	25-30	фоновое	–	–	9,29	130,0	5,4	–	–	5,97	–	–	3,02	229,9

Аномальное развитие цветков было обнаружено и у близкого в таксономическом отношении вида *Philadelphus coronarius* L. Махровость и некоторые другие аномалии у этого вида были также отмечены только у терминальных цветков. По наблюдениям И.А. Коломиец [6] формирование цветковых бугорков у многих видов сем. *Rosaceae* идет от основания к вершине (акропетально), и хотя терминальный цветок обособляется предпоследним, все же он, будучи стадийно более зрелым, развивается быстрее цветков расположенных ниже. Его развитие, в связи с этим, часто происходит в менее благоприятных погодных условиях и это, вероятно, может приводить к появлению разнообразных аномалий.

Безусловно, принимая во внимание высокий уровень фонового загрязнения, который характерен для г. Донецка и Донецкой обл. [3], в рассмотренных случаях объяснить причину массового тератогенеза исключительно погодными условиями довольно сложно. Однако, у нас также нет полного основания считать промышленные поллютанты единственными и главными индукторами тератогенеза, так как в результате полевых наблюдений нам не удалось выявить прямой зависимости частоты встречаемости аномалий от уровня загрязнения окружающей среды (табл. 2). Так, при наблюдении за процессом цветения *Armeniaca vulgaris* в условиях промышленного загрязнения (шламоотстойник, промышленные площадки, центральные автомагистрали) у некоторых растений аномалии цветков не встречались совсем или их количество было небольшим (2-3%). В то время как в сравнительно чистых экологических зонах (г. Славянск, г. Красноармейск) были выявлены растения с большим количеством цветков, имеющих характерные аномальные признаки.

По данным Ф.М. Куперман, к количественному увеличению метамеров может привести замедление темпов развития, при этом соответственно строение будущего цветка или соцветия будет иметь иную, нетипичную для данного вида форму и размеры [6]. Причиной замедления темпов развития может быть действие неблагоприятных факторов окружающей среды, а к таковым можно отнести и экстремальные погодные условия, и факторы антропогенного воздействия, причем в характере их взаимодействия не исключены синергизм и аддитивность. При этом следует отметить, что объяснить тератогенез исключительно экзогенными факторами также нельзя. Любой, даже аномальный фенотип, есть нечто иное, как реализованный в данных условиях генотип, и как показали наблюдения, действие даже столь активных агентов как тяжелые металлы и экстремальные погодные условия способны усиливать тератогенность только тех растений, которые имеют к этому соответствующую наследственную предрасположенность.

Возможно, большая изменчивость и тератогенность плодовых культур, полученных в результате направленной селекции (различные сорта абрикоса, вишни, яблони) является следствием их повышенной требовательности к качеству среды обитания. Дикие же формы, как правило, отличались более высокой устойчивостью морфологических признаков (рябина, черемуха).

Исходя из выше изложенного, можно сделать некоторые выводы:

- аномальное развитие цветка подчиняется некоторым закономерностям: например, у махровых цветков сохраняется правильное чередование членов в кругах;
- растения цветущие ранней весной более подвержены тератогенезу, чем сорта или виды, цветение которых начинается в конце весны – начале лета;
- аномальные формы цветка, как правило, оказываются стерильными; в некоторых случаях это может приводить к снижению урожая до 25%.

В связи с этим дальнейшее изучение процессов тератогенеза в семействе *Rosaceae* может иметь не только теоретическое, но и широкое практическое значение.

1. Бурда Р. И. Антропогенная трансформация флоры. – Киев: Наук. думка, 1991. – 168 с.
2. Илькун Г.М. Газоустойчивость растений. – Киев: Наук. думка, 1971. – 146 с.
3. Земля тревоги нашої. За матеріалами доповіді про стан навколишнього природного середовища в Донецькій області у 1999 р. / під ред. С. Куруленко /. – Донецьк: Новий мир. – 2000. – 124 с.
4. Кондратюк Е.Н., Тарабрин В.П., Бакланов В.И. и др. Промышленная ботаника. – Киев: Наук. думка, 1980. – 260 с.
5. Константинов А.В. Общая цитология. – Минск: Высшэйшая школа, 1968. – С. 213–214.
6. Куперман Ф.М. Морфофизиология растений. – М.: Высшая школа, 1973. – С. 134–136
7. Курс низших растений: Учебник для студентов ун-тов / Л.Л. Великанов, Л.В. Гарибова, Н.П. Горбунов и др.; под ред. М.В. Горленко. – М.: Высш. школа, 1981. – 504 с.
8. Определитель высших растений Украины / Д.Н. Доброчаева, М.И. Котов, Ю.Н. Прокудин и др. – Киев: Наук. думка, 1987. – 548 с.
9. Полевой В.В. Физиология растений. – М.: Высшая школа, 1989. – 464 с.
10. Тарабрин В.П., Кондратюк Е.Н., Башкатов В.Г. и др. Фитотоксичность органических и неорганических загрязнителей. – Киев: Наук. думка, 1986. – С. 29–36.
11. Тутаяк В.Х. Тератология цветка. – Баку: Изд-во АН Аз. ССР, 1969. – 111 с.
12. Федоров Ал.А. Тератология и формообразование у растений. Комаровские чтения, Л.: II изд. АН СССР, 1958. – С. 3–21.
13. Шмальгаузен И.И. Проблемы дарвинизма. – Л.: Наука, 1969. – С. 190–205.
14. Щепотьев Ф.Л. Морфогенез деяких видів рослин під впливом фізичних та хімічних мутагенів // VI з'їзд Українського ботанічного товариства. – К.: Наук. думка, 1977. – С. 161–162.

Донецкий национальный университет

Получено 02.03.2002

УДК 628.5:581.2:632.15:582.734

Морфологические изменения в строении генеративных органов некоторых видов семейства *Rosaceae* Juss. в Донбассе / Лиханов А.Ф. // Промышленная ботаника. – 2002. – Вып. – С. 37–43.

Весной 2001 года в г. Донецке на фоне техногенного загрязнения и неблагоприятных погодных условий у растений семейства *Rosaceae* наблюдали массовое появление цветков с признаками тератологических нарушений. Были выявлены и описаны различные аномалии в строении цветков 16 видов растений. Изучены некоторые аспекты динамики тератогенеза генеративных органов *Fragaria vesca* L. Проведена количественная оценка содержания тяжелых металлов в растительном материале. Установлено, что махровость и другие аномалии цветков у абрикоса, вишни и яблони приводят к снижению продуктивности растений.

Табл. 2. Рис. 4. Библиогр.14.

UDC 628.5:581.2:632.15:582.734

Morphological changes in generative organs of some *Rosaceae* Juss. species in Donbass / Likhanov A. F. // Industrial botany. – 2002. – V. 2. – P. 37–43.

In the spring of 2001 the mass appearance of flowers with indications of teratologic changes were observed in plants of *Rosaceae* family on the background of technogenic pollution and adverse weather conditions in Donetsk. Various anomalies in flowers structure of 17 plant species have been revealed and described. Some aspects of teratogenesis dynamics in *Fragaria vesca* L. generative organs have been investigated. Quantitative estimation of heavy metals contents in plant material has been carried out. There have been detected, that the anomalies of apricot, cherry and apple flowers result in significant decrease of seed production of plants.

Tabl. 2. Pic. 4. Bibliogr.:14