

Морфологические изменения растений, используемые в биоиндикации:

1. ИЗМЕНЕНИЕ ОКРАСКИ ЛИСТЬЕВ

- *Хлороз* – бледная окраска листьев между жилками. Отмечали при избытке в почве тяжелых металлов и при газодымовом загрязнении воздуха.
- *Пожелтение участков листьев*. Характерно для лиственных деревьев при засолении почвы хлоридами.
- *Покраснение, связанное с накоплением антоциана*. Возникает под действием сернистого газа.
- *Побурение или побронзовение*. Часто означает начальную стадию некротических повреждений.
- *Листья как бы пропитаны водой (как при морозных повреждениях)*. Возникает под действием ряда окислителей, например пероксиацетилнитрата.
- *Серебристая окраска листьев*. Возникает под действием озона на листьях табака.

Хлороз растений — нарушение образования хлорофилла в листьях и снижение активности фотосинтеза.



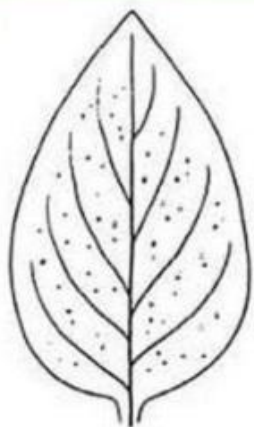
Хлороз малины

Морфологические изменения растений, используемые в биоиндикации:

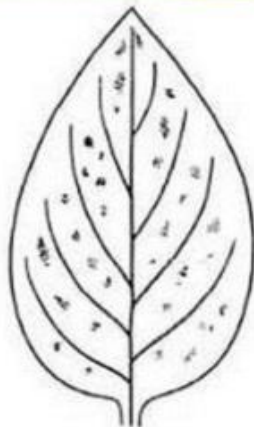
2. **НЕКРОЗЫ** – отмирание участков ткани листа

- *Точечные и пятнистые.* Серебристые пятна на листьях табака сорта Bel W3 возникают под действием озона.
- *Межжилковые* – некроз тканей между боковыми жилками 1 порядка. Часто отмечаются при воздействии сернистого газа.
- *Крайевые.* На листьях липы под влиянием соли (хлорида натрия), который зимой посыпают улицы для таяния льда.
- «*Рыбий скелет*» – сочетание межжилковых крайевых некрозов.
- *Верхушечные некрозы.* У однодольных покрытосемянных и хвойных растений. Например, хвоинки пихты и сосны после действия сернистого газа становятся на вершине бурыми, верхушки листьев гладиолусов после окуривания фтористым водородом становятся белыми.

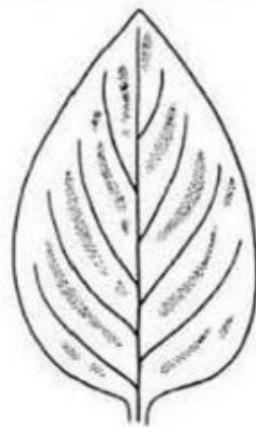
Формы некрозов на листьях растений



точечные



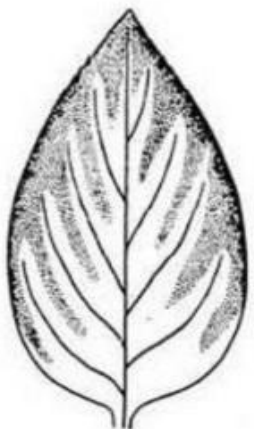
пятнистые



межжилковые



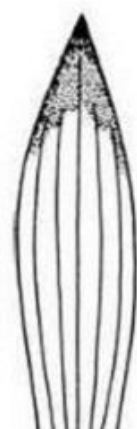
краевые



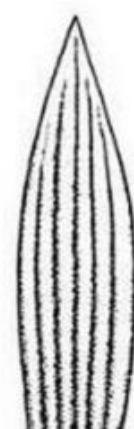
рыбий скелет



верхушечные



верхушечные



линейные



Морфологические изменения растений, используемые в биоиндикации:

3. ПРЕЖДЕВРЕМЕННОЕ УВЯДАНИЕ. Под действием этилена в теплицах не раскрываются цветки у гвоздики, увядают лепестки орхидей. Сернистый газ вызывает обратимое увядание листьев малины.

4. ДЕФОЛИАЦИЯ – опадание листвы. Обычно наблюдается после некрозов и хлорозов. Например, осыпание хвои у ели и сосны при газодымовом загрязнении воздуха, листьев лип и конских каштанов – от соли для таяния льда, крыжовника и смородины – под действием сернистого газа.

5. ИЗМЕНЕНИЕ РАЗМЕРОВ ОРГАНОВ обычно неспецифичны. Например, хвоя сосны вблизи заводов удобрений удлиняется от нитратов и укорачивается от сернистого газа. Флюктуирующая асимметрия побегов ели.

6. ИЗМЕНЕНИЕ ФОРМЫ, КОЛИЧЕСТВА И ПОЛОЖЕНИЯ ОРГАНОВ. Аномальную форму листьев отмечали после радиоактивно облучения. В результате локальных некрозов возникает вздувание или искривление листьев, сращение или расщепление отдельных органов,

Морфологические изменения растений, используемые в биоиндикации:

7. Изменение в жизненной форме растения. Кустовидная или подушечная форма роста свойственна деревьям, особенно липе, при сильном устойчивом загрязнении воздуха (HCl , SO_2).

8. изменение жизненности. В присутствии многих поллютантов бонитет деревьев понижается от 1–2 класса до 4–5. Обычно это сопровождается изреживанием кроны и уменьшением прироста. Изменения прироста неспецифичны, но широко применяются, так как чувствительнее, чем некрозы. Измеряются радиальный прирост в длину побегов и листьев, корней, диаметр таллома лишайника.

9. Изменения репродуктивных свойств. Обнаружено у многих растений. Например, при действии поллютантов уменьшается образование плодовых тел у грибов, снижается продуктивность у черники и ели. Некоторые виды лишайников не образуют плодовых тел в сильно загрязненном воздухе, но способны размножаться вегетативно.

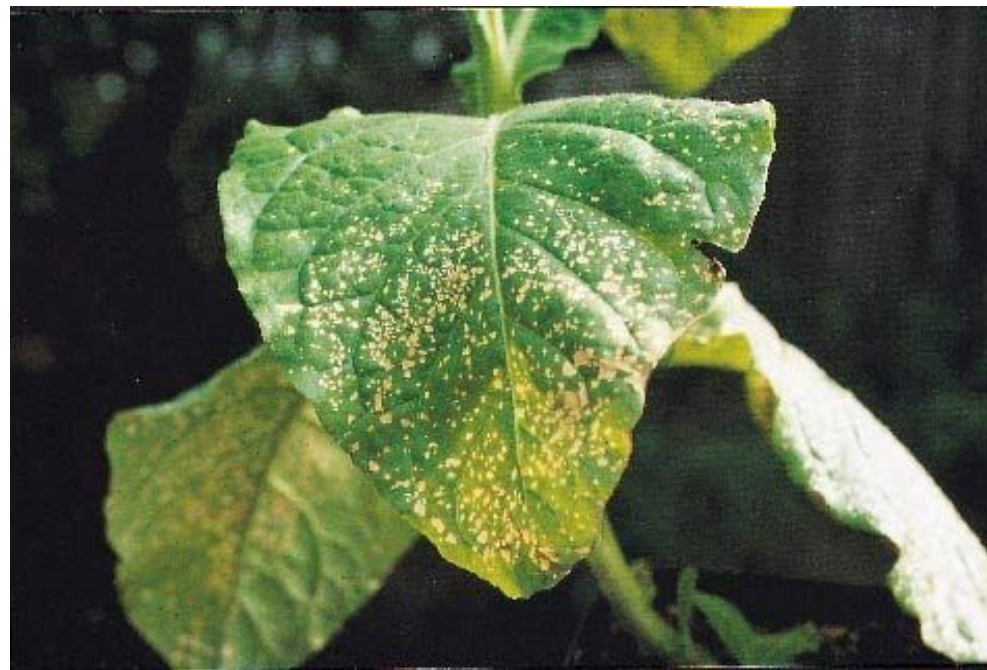
Примеры биоиндикации на организменном уровне. Растения.

1. **Мониторинг озона по табаку BEL W 3.** Этот сорт табака специально выведен для биоиндикации. Уже при слабом воздействии озона через несколько дней на всей листовой пластинке образуются некротические пятна серебристого цвета. Для сравнения одновременно высаживают устойчивый к озону сорт Bel B.

Табак — род многолетних и однолетних растений семейства Паслёновые. Содержит никотин.



Здоровые растения
табака



Некротические пятна на
листьях табака

Примеры биоиндикации на организменном уровне. Растения.

2. Мониторинг загрязнения почвы и воздуха с помощью крессалата. Семена проращивают в чашке Петри на фильтрах или исследуемой почве. Наблюдение длится 10 дней. При наличии вредных веществ снижается процент всхожести семян и уменьшается скорость роста зародышевых корешков. У растений, высаженных в открытом грунте в городских центрах с интенсивным движением транспорта, под влиянием газовых выбросов отчетливо снижается длина проростков.

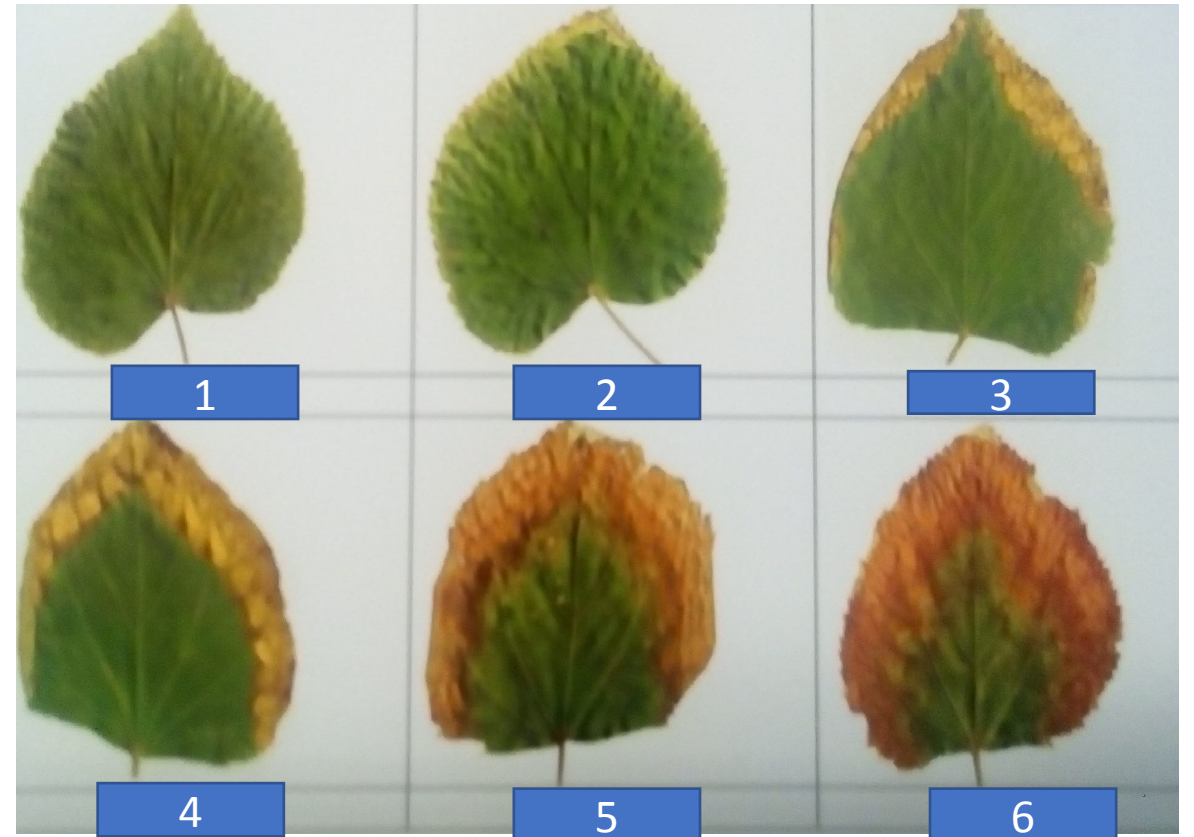
Мониторинг загрязнения почвы и воздуха с помощью крессалата



Примеры биоиндикации на организменном уровне. Растения.

3. **Индикация соли** (применяемой для таяния льда) по *листве липы*. Сначала возникают ярко-желтые неравномерно расположенные краевые зоны, затем край листа отмирает, а желтая зона передвигается к середине и основанию листа. Разработана бонитировочная шкала, позволяющая по степени нарушения листовых пластинок оценить уровень засоления почвы. Метод ограничен во времени второй половиной лета.

Некроз листьев липы



- 1 - повреждений нет;
- 2 - **хлороз** верхушки листовой пластинки;
- 3 - **хлороз** по краю листовой пластинки;
- 4 - краевой **некроз** листовой пластинки;
- 5, 6 - обширный **некроз** с последующим отмиранием листа.

Примеры биоиндикации на организменном уровне. Растения.

4. *Индикация общего газодымового загрязнения по продолжительности жизни хвои.* Для определения у 25 взрослых деревьев ели из средней кроны вырезают по 1 ветви. Определяют среднее кол-во хвоинок на побегах разного возраста. Поскольку **хвоинки живут в норме 4 года**, то четырехлетние побеги должны быть покрыты хвоинками. **При загрязнении продолжительность жизни хвоинок сокращается вплоть до одного года.** Соответственно большая часть ветвей оголена, а хвоинки остаются лишь на концах ветвей. Бонитированная шкала некрозов и продолжительность жизни хвои позволяет количественно оценить степень загрязнения среды.