

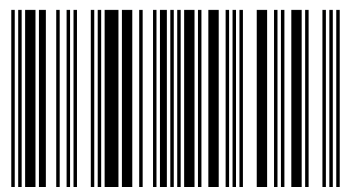
Данная работа посвящена анализу основных информативных признаков строения *Reseda lutea* - рассматриваются особенности структурной организации цветка, архитектоники соцветий, поверхности и внутренних тканей плодов и семян, строение листовой пластинки; также дается оценка состояния промышленных экотопов г. Донецк с помощью индикаторных структурных характеристик данного растения. В заключении указывается фитоиндикационная значимость *Reseda lutea*.



Андрей Золотой
Андрей Сафонов

Фитоиндикация промышленных экотопов на примере *Reseda lutea* L.

Золотой Андрей - студент Донецкого национального университета, биологического факультета. Специализируется на кафедре ботаники и экологии. Принимал участие в университетских студенческих конференциях. Победитель олимпиад по экологии. Имеет диплом победителя университетского конкурса студенческих научных работ.



978-3-659-90605-3

 **LAMBERT**
Academic Publishing

Андрей Золотой
Андрей Сафонов

Фитоиндикация промышленных экотопов на примере *Reseda*
lutea L.

**Андрей Золотой
Андрей Сафонов**

**Фитоиндикация промышленных
экотопов на примере *Reseda lutea*
L.**

LAP LAMBERT Academic Publishing

Impressum / Выходные данные

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek: Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Alle in diesem Buch genannten Marken und Produktnamen unterliegen warenzeichen-, marken- oder patentrechtlichem Schutz bzw. sind Warenzeichen oder eingetragene Warenzeichen der jeweiligen Inhaber. Die Wiedergabe von Marken, Produktnamen, Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen u.s.w. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutzgesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Библиографическая информация, изданная Немецкой Национальной Библиотекой. Немецкая Национальная Библиотека включает данную публикацию в Немецкий Книжный Каталог; с подробными библиографическими данными можно ознакомиться в Интернете по адресу <http://dnb.d-nb.de>.

Любые названия марок и брендов, упомянутые в этой книге, принадлежат торговой марке, бренду или запатентованы и являются брендами соответствующих правообладателей. Использование названий брендов, названий товаров, торговых марок, описаний товаров, общих имён, и т.д. даже без точного упоминания в этой работе не является основанием того, что данные названия можно считать незарегистрированными под каким-либо брендом и не защищены законом о брендах и их можно использовать всем без ограничений.

Coverbild / Изображение на обложке предоставлено: www.ingimage.com

Verlag / Издатель:

LAP LAMBERT Academic Publishing

ist ein Imprint der / является торговой маркой

OmniScriptum GmbH & Co. KG

Bahnhofstraße 28, 66111 Saarbrücken, Deutschland / Германия

Email / электронная почта: info@omniscryptum.com

Herstellung: siehe letzte Seite /

Напечатано: см. последнюю страницу

ISBN: 978-3-659-90605-3

Copyright / АВТОРСКОЕ ПРАВО © 2016 OmniScriptum GmbH & Co. KG

Alle Rechte vorbehalten. / Все права защищены. Saarbrücken 2016

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	2
1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	4
1.1 Фитоиндикация в промышленном регионе.....	4
1.2 Значение морфологических изменений растений для фитоиндикации	7
1.3 Морфологические особенности вида.....	10
1.4 Фитоиндикационные шкалы как инструмент экологических исследований	12
1.4.1 Шкалы Г. Элленберга.....	14
1.4.2 Шкалы Д.Н. Цыганова	15
1.5 Стратегия выживания вида	17
2 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ЭКСПЕРИМЕНТА	22
2.1 Методы сбора и хранения семян и плодов.....	22
2.2 Методы структурного анализа растений	23
2.3 Метод проверки анализируемых данных на нормальность распределения	25
2.4 Особенности экотопов произрастания <i>Reseda lutea</i>	26
3 АНАЛИЗ СТРУКТУРНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ <i>RESEDA LUTEA</i> L. В ПРОМЫШЛЕННОЙ СРЕДЕ.....	29
3.1 Структурный анализ листовой пластинки	29
3.2 Анализ структурных особенностей цветка	32
3.3 Особенности формирования соцветий	36
3.4 Структурные особенности пыльцевых зерен.....	39
3.5 Особенности развития плодов <i>Reseda lutea</i> в различных экотопах Донбасса.....	41
3.6 Экологические характеристики промышленных экотопов	43
3.7 Проверка нормальности распределения данных выборок структурных составляющих <i>Reseda lutea</i>	47
3.8 Фитоиндикационная значимость <i>Reseda lutea</i>	49
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	51
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	53

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. Актуальность выбранной темы связана с тем, что фитоиндикаторы позволяют выявить специфические особенности среды в связи с антропогенной нагрузкой, которая влияет на условия обитания организмов и приводит к сокращению биоразнообразия.

Reseda lutea L. – вид растений с широкой экологической амплитудой, о чем свидетельствует специфика регистрации этого вида в природных и техногенных экотопах Донбасса. В связи с этим, *Reseda lutea* является подходящим видом для экологических исследований.

Также актуальность еще определяется отсутствием комплексного исследования структурных особенностей данного вида в различных экотопах – районы жилой застройки, пустыри, свалки бытового мусора, промышленные площадки предприятий, автодороги, агрофитоценозы. Подобные исследования впервые регионально апробированы для *Reseda lutea* и доказана индикаторная способность вида. Показаны некоторые аномалии в генеративной и вегетативной сферах *Reseda lutea* в различных местах произрастания (срастания лепестков цветка, недоразвитие гинцея, срастания чашелистиков, нарушение архитектоники соцветий и др.). Доказано влияние поллютантов на формирование соцветий и плодов *Reseda lutea* в различных регионах Донецкой области и выявлены факторы экологического дисбаланса потенциальной и реальной семенной продуктивности.

Цель работы – определить индикационную значимость структурных характеристик *Reseda lutea* L. в промышленных экотопах г. Донецка.

Для достижения цели работы были поставлены следующие **задачи**:

- 1) изучить экологию и биоморфологию *Reseda lutea* в условиях антропогенно трансформированной среды;
- 2) проанализировать репродуктивную способность *Reseda lutea* в антропогенно трансформированной среде, а именно комплексное влияние поллютантов на формирование соцветий, плодов;

3) определить генеративную активность *Reseda lutea* в условиях различных экотопов;

4) провести палинологический анализ *Reseda lutea* в экспериментальных экотопах;

5) выявить тератологические изменения частей цветка, произрастающих в промышленной среде;

6) предложить спектр наиболее перспективных индикаторных значений;

7) определить средние значения экологических характеристик для антропогенно трансформированных экотопов (при помощи экологических шкал Г. Элленберга и Д.Н. Цыганова).

Объект исследования – *Reseda lutea* L.

Предмет исследования – информативные индикационные показатели морфологии и архитектоники *Reseda lutea* в промышленном регионе.

Методы исследований, используемые в данной работе: эмпирический (наблюдение, эксперимент, сравнение) - целенаправленное систематическое наблюдение за *Reseda lutea* в естественных условиях; методы структурного анализа пыльцы, плодов; методы морфологического описания растений; методы окрашивания пыльцы ацетокармином и метиленовым синим.

1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Фитоиндикация в промышленном регионе

Использование индикационных возможностей биологических объектов имеет большое значение. Тесная связь, которая существует между растительным покровом и условиями среды, делает важным использование растений в качестве показателя этих условий (Викторов, 1961).

Обоснованием возможности индикации являются представления, которые были разработаны и развиты В.В. Докучаевым, В.И. Вернадским и многими другими выдающимися учеными, которые сформулировали теоретические предпосылки использования растений как индикаторов среды. Согласно взглядам В.В. Докучаева, между всеми природными явлениями и процессами существуют тесные взаимоотношения, которые настолько крепки, что изменение одного из компонентов ландшафта отображается на других. Эти данные установлены из обзорных работ фитоиндикационных исследований (Шуберт, 1998; Викторов, 1961).

Г. Штекер рассматривает биоиндикацию как метод мониторинга окружающей среды, который является достаточно чувствительным показателем антропогенных влияний на окружающую среду при помощи изучения изменений признаков биологических объектов и систем определяемых условий. Такой подход в значительной степени сужает понятие фитоиндикации к антропогенным изменениям (Коршиков, 1995). Р. Шуберт определяет биоиндикацию как метод оценивания абиотических и биотических факторов мест произрастания при помощи биологических систем (Шуберт, 1998).

Виды растений, которые используются в качестве показателей других условий среды, называются индикаторами. Это не только организмы и их сообщества, но и признаки, функция которых коррелирует с определенными факторами среды настолько, что они могут использоваться для оценки последних (Сафонов, 2007). Признаки повреждения растения-индикатора могут проявляться в результате влияния на него загрязняющих веществ.

Индикаторами в таком случае выступают также растения, которые аккумулируют в тканях токсиканты, образующиеся при взаимодействии растения и токсических веществ (Глухов, 2006). В результате загрязнения атмосферного воздуха у растений может измениться скорость роста, процессы цветения, характер репродуктивного цикла и т. д. (Бессонова, 1992; Сафонов 2008). Каждый или все эти параметры в совокупности можно использовать для определения наличия в окружающей среде факторов загрязнения и обеспечить проведение экспериментов в условиях наблюдения и контроля, чтобы соотносить степень повреждения или изменение состояния растения с определенным токсикантом или группой загрязнителей (Дідух, 1994).

Фитоиндикация может проводиться на разных уровнях организации растений: от биохимического, цитомолекулярного и анатомического (Глухов, 2006; Дідух, 1994; Комарницкий, 1975) до синтаксономического и ландшафтного (Плюта, 1991; Сафонов, 2014).

Разработано большое количество фитоиндикационных методов, из которых небольшое внимание уделялось методам с использованием тератологических изменений у растений (Глухов, 2001). Среди антропогенных факторов многие являются тератогенами, и появление аномальных форм растений может указывать на наличие и интенсивность их воздействия на окружающую среду, а, следовательно, использоваться для фитоиндикации (Глухов, 2006; Тератогенез..., 2005).

В условиях антропогенно трансформированных экотопов г. Донецка на фоне постоянного загрязнения атмосферного воздуха весь растительный комплекс находится под влиянием динамического фонового или усиленного стресса (Говорун, 1992; Миркин, 2011; Солуха, 2004). Разные по химическому составу примеси промышленных производств и выхлопные газы автотранспорта вызывают сходные симптомы повреждений растений. Различные смеси газов, твердых частиц и паров оказывают на растения многообразное токсическое влияние, нередко усугубляющееся взаимодействием различных веществ с образованием новых, часто более

токсических соединений. Отрицательно на жизнеспособность растений влияют выхлопные газы, выбрасывая 60 % всех вредных веществ в городской воздух и среди них такие токсические вещества, как оксид углерода, альдегиды, соединения свинца (Говорун, 1992; Коршиков, 1996; Мэннинг, 1985, Голицын, 2010). В растения токсические вещества поступают разными способами. Повышение содержания фитотоксикантов в растениях оказывает неблагоприятное воздействие на растительный организм: нарушается деятельность физиологических и биохимических регуляторных систем, проявляются анатомические и морфологические изменения (Бессонова, 1992; Глухов, 2006; Говорун, 1992; Дідух, 1990; Меллер, 1983).

Реакции растений на действие неспецифического поллютостресса могут быть самыми разнообразными. Вопросы фитоиндикационной оценки и мониторинговых исследований антропогенно загрязненной среды разрабатываются многими научными школами в разных направлениях и описаны в большом количестве научных работ (Шуберт, 1998; Глухов, 2001; Коршиков, 2001; Мелехова, 2010).

К настоящему времени описано довольно много случаев аномальных преобразований у растений разных видов. Не смотря на большое количество работ, посвященных явлению тератогенеза, этот вопрос до конца так и не изучен, и в связи со сложной экологической ситуацией, актуален.

Таким образом, апробация *Reseda lutea* L. в качестве фитоиндикатора состояния среды в промышленном регионе представляет собой малоизученный практический аспект, который может рассматриваться в цикле программ по мониторингу и экспертизе как часть исследований по поиску альтернативных информационных критериев оценки среды.

1.2 Значение морфологических изменений растений для фитоиндикации

В истории биоиндикации морфологические изменения растений в ответ на антропогенные воздействия привлекли к себе внимание очень рано. В полевых условиях, гидропонной культуре и камерах для окультуривания было проведено множество исследований, посвященных связи морфологических изменений с антропогенными стрессорами.

И сейчас наиболее применяемые методы биоиндикации учитывают морфологические изменения высших растений. Основой для этого являются в первую очередь незначительные затраты труда при наблюдении и оценке наблюдаемых явлений. Измерения чаще всего могут проводиться без специальных лабораторий и обученного персонала. Для некоторых стрессовых факторов уже испытаны и иногда специально подобраны различные морфологические индикаторы, с помощью которых возможна кратко- или долговременная индикация как при низких, так и при высоких дозах воздействия. Современные исследования уделяют главное внимание стандартизации тест-материала и условий его применения.

В ряде стран морфологические индикаторы используются в национальной системе мониторинга. С помощью методов биоиндикации, основанных на морфологии растений, получена большая часть картосхем антропогенного влияния. Морфологические методы индикации находят также применение при селекции устойчивых линий лесных, плодовых и декоративных деревьев (Шуберт, 1998).

Морфологические изменения растений, используемые для фитоиндикации:

Изменение окраски листьев - представляет собой в большинстве случаев неспецифическую реакцию на различные стрессоры.

Хлороз (бледная окраска листьев между жилками, например, у растений на отвалах); пожелтение краев или определенных участков листьев (например,

у лиственных деревьев под влиянием хлоридов); покраснение (накопление антоциана в виде пятен на листьях смородины и гортензии под действием SO); побурение или побронзовение (у лиственных деревьев часто начальная стадия тяжелых некротических повреждений; у елей и сосен служит для дальнейшей разведки зон дымовых повреждений); изменения окраски, при которых листья производят впечатление как бы пропитанных водой (часто – первые стадии некрозов; сходство с морозными повреждениями), а также появление серебристой окраски поверхности листьев (Бессонова, 1992; Шуберт, 1998).

Некрозы – отмирание ограниченных участков ткани – важные симптомы повреждений при индикации, иногда довольно специфичные. Следует различать:

- точечные и пятнистые некрозы (отмирание тканей листовой пластинки в виде точек и пятен; например, очень характерны серебристые пятна после воздействия озона у табака сорта Bel W3, а также у *Urtica urens* и *Begonia semperflorens*);

- межжилковые некрозы (характерные, четко отграниченные формы у лип, поврежденных поваренной солью, применяемой для таяния льда); сочетание межжилковых и краевых некрозов приводит к появлению узора типа «рыбьего скелета»;

- верхушечные некрозы (в особенности у однодольных и хвойных; характерны темно-бурые, резко отграниченные некрозы кончиков хвои у пихты и сосны после воздействия SO или белые, обесцвеченные некрозы верхушек листьев у *Gladiolus* «Snow Princess» под влиянием HF);

- некрозы околоплодника (например, после воздействия SO на семечковые плоды, особенно вблизи цветков).

При развитии некрозов сначала наблюдаются изменения в окраске (при действии SO чаще всего образуются грязно-зеленые, пероксиацетилнитрата – пропитанные водой, О - металлически блестящие пятна, хлоридов – хлорозы). После гибели клеток пораженные участки оседают, высыхают и могут за счет выделения дубильных веществ окрашиваться в бурый цвет (часто у деревьев)

или спустя несколько дней выцветать до беловатой окраски (тюльпаны, лук, гладиолусы, зерновые культуры и другие однодольные).

Некротические пятна часто имеют темные края, особенно у двудольных. Позднее в месте некроза могут появиться разрывы (главным образом на нежных сочных листьях – у салата, корнеплодов), сходные с погрызами или повреждениями градом. Некрозы могут также поражать целую почку (при радиоактивном облучении). Количественная оценка некрозов чаще всего происходит путем определения процентной доли поврежденной листовой поверхности, для чего могут быть использованы вспомогательные таблицы. Возможно также планиметрирование или бонитировка по пятиступенчатой шкале.

Преждевременное увядание происходит, например, под действием этилена в теплицах. Цветки гвоздики при этом не раскрываются, а лепестки орхидей увядают; при воздействии SO₂ обратимо вянут листья малины.

Опадение листвы (дефолиация) в большинстве случаев наблюдается после появления некрозов или хлорозов. Примерами служат уменьшение продолжительности жизни хвои, ее осыпание у ели, сбрасывание двухиглых укороченных побегов у сосны, преждевременное опадение листвы у лип и конских каштанов под влиянием соли, применяемой для таяния льда, или у крыжовника и смородины под действием SO₂.

Изменения формы, количества и положения органов. Аномальная конфигурация листьев отмечена, например, у лиственных деревьев после радиоактивного облучения; в результате локальных некрозов возникает уродливая деформация, перетягивание, вздувание или искривление листовой пластинки, фасциация или искривление побегов, сращение или расщепление отдельных органов, увеличение или уменьшение в числе частей цветка, смена пола и другие аномалии развития под действием гормональных гербицидов или радиоактивного облучения.

Изменение направления, формы роста и ветвления. Примерами являются изменение направления роста корней у одуванчика при изменении уровня

грунтовых вод, образование стелящихся побегов и ветвление у *Dicranum polysetum*, кустовидная и подушечная форма роста деревьев, например лип, при устойчивом сильном загрязнении атмосферы HCl или SO₂, изреживание кроны и изменение бонитета ствола у поврежденных дымом хвойных пород.

Ползучие главные оси побегов, тесно расположенные узкие листья, малая высота растений и хорошая запасающая способность, как правило, наблюдаются у растений на территориях с высокой концентрацией газообразных выбросов.

Изменения прироста по большей части неспецифичны, однако широко применяются для индикации, так как являются более чувствительным параметром, чем некрозы, и позволяют непосредственно определять снижение продуктивности используемых человеком растений. Измеряют главным образом изменение радиального прироста древесных стволов, прироста в длину побегов и листьев, длины корней.

Изменения плодovitости при действии антропогенных стрессоров наблюдаются у многих растений. В качестве примера можно назвать уменьшение продуктивности у черники в загрязненной газообразными выбросами атмосфере.

Изменения степени ксероморфизма листьев как следствие газообразных выбросов и форма приспособления к ним выражаются в увеличении числа устьиц, толщины кутикулы, густоты опушения, толщины листа и степени суккулентности (отношения сырой вес: сухой вес) (Шуберт, 1998).

1.3 Морфологические особенности вида

Reseda Lutea L. относится к семейству Resedaceae – резедовые. Семейство, представлено в основном травянистыми растениями, реже – полукустарничками. Стебли высотой 30—80 см, восходящие, ребристые, шерстистые, разветвлённые. Листья с шершавыми краями, трёх-пятиперистораздельные, с цельными или двух-трёхраздельными долями; верхние листья линейные; нижние нередко цельные. Цветки зеленовато-

жёлтые; обоеполые, слегка неправильные. Соцветие — кисть, в конце цветения удлинняется. Околоцветник двойной. Чашечка состоит из 4-6 (8) листочков, сросшихся основаниями. Венчик состоит из 6-8 свободных лепестков. Лепестки имеют расширенную нижнюю часть и глубоко рассеченную на три доли — верхнюю часть. Верхние лепестки крупнее. Тычинок обычно 3-10, но может достигать 30. Они располагаются кругами на косом железистом диске, имеющем ножку. В центральной части диска размещается пестик, образованный 3 (2-6) плодолистиками, срастающимися таким образом, что на верхушке остается отверстие. Завязь открытая, верхняя, одногнездная. Плод — яйцевидно-продолговатая трёхгранная, у основания клиновидно суженная коробочка (Артющенко, 1986; Хржановский, 1988; Тахтаджян, 1987). Семена яйцевидные, чёрные, блестящие, почковидные, бугорчатые, на вершине широкоокруглые, к основанию вытянутые; безбелковые, с изогнутым зародышем, богаты жирным маслом, которые высыпаются через щелевидные отверстия. Размер семени 7-16 мм, длина 1,25-1,75 мм, ширина — 1-1,25 мм. Цвет спелых семян — блестящий, черно-коричневый; недоспелых — зеленовато-желтый или темно-зеленый (Артющенко, 1990; Смик, 1991; Тахтаджян, 1987; Батыгина, 1997).

Reseda Lutea относится к различным экотопам: селитебным (районы жилой застройки, пустыри, свалки бытового мусора); техногенные - промышленные пустыри и свалки; промплощадки предприятий; экотопы путей сообщения. Распространение: на полях, у дорог, на обнажениях, иногда в степях. Растение красильное, медоносное, кормовое, лекарственное (Головкин, 1986; Капранов, 1998; Сафонов, 2009).

1.4 Фитоиндикационные шкалы как инструмент экологических исследований

Фитоиндикационные или экологические шкалы – это таблицы, в которых приводятся характеристики экологии видов растений, на основе которых проводится оценка условий среды.

Одним из первых метод фитоиндикации, основанный на использовании видового состава растительности, разработал и успешно применил Л.Г. Раменский (Раменский, 1956). Для каждого вида растений был выведен эмпирический интервал распределения по градиентам среды (увлажнению, богатству почв, пастбищной дигрессии, переменности увлажнения и т.д.), а затем каждое сообщество (описание) по определенной методике экологически интерпретировалось на основе информации, которую несут в себе входящие в него виды.

Аналогичные шкалы, но на основе других принципов составления, несколько позже Л.Г. Раменского, разработали другие геоботаники – Г. Элленберг (Ellenberg, 1974), Э. Ландольт (Landolt, 1977), Д.Н. Цыганов (Цыганов, 1983), Р. Хундт, Р. Клапп и т.д. В целом, фитоиндикация по указанным шкалам дает схожие результаты.

Все фитоиндикационные (экологические) шкалы делят на две группы:

- 1) диапазонные (шкалы Раменского и Цыганова);
- 2) точечные (шкалы Элленберга, Ландольта).

Первые указывают экологический диапазон вида по тому или иному фактору среды, вторые – координату вида на оси фактора среды. Диапазон или координата виды оценивается в относительных условных единицах – баллах.

Балловые оценки рассчитываются для каждого геоботанического описания. При использовании точечных шкал итоговая балловая оценка по некоторому фактору вычисляется как среднее значение из балловых оценок всех видов по этому фактору, взвешенное на обилие видов. По диапазонным экологическим шкалам расчет может осуществляться следующими способами:

1) экстремальных границ, 2) пересечения большинства интервалов, 3) средневзвешенной середины интервала. Два первых способа используются при расчетах по шкалам Раменского, а третий - по шкалам Цыганова. Шкалы с небольшим числом градаций лучше использовать для анализа крупных и весьма неоднородных выборок. Чем больше градаций содержит шкала, тем детальнее экологическая оценка местообитания.

Наиболее широко применяются экологические шкалы Г. Элленберга, разработанные для европейской растительности (Ellenberg, 1974). Шкалы Элленберга считаются наиболее полными и совершенными, они постоянно уточняются и обсуждаются. Шкалы Элленберга включают: F – увлажнение почв (12 классов); N – богатство почв азотом (9); R – кислотнo-щелочные условия (pH) почв (9); L – освещенность/затенение (9); T – термoклиматическая (9); K – континентальность климата (9); S – засоление (3). Охватывают 2,5 тысячи видов сосудистых растений.

Шкалы Ландольта позволяют оценить увлажнение почв, кислотнo-щелочные условия (pH) почв, богатство почв азотом, трофность почв, степень гранулированности почв, освещенность или затенение, термoклиматические условия, континентальность климата. Все шкалы имеют по 5 классов. Содержат характеристики более 3400 видов (Landolt, 1977).

Шкалы Цыганова, составленные для лесной зоны умеренного пояса Евразии, включают 2,3 тысячи видов и позволяют оценивать большой набор экологических факторов. Шкалы Цыганова: Tm – термoклиматическая; Kп – континентальности климата; Om – аридности/гумидности климата; Cr – криоклиматическая; Hd – увлажнения почв; Tr – трофности почв (содержание солей); Nt – богатства почв азотом; Rc – кислотнo-щелочные условия (pH) почв; Lc – освещенности/затененности; fH – переменности увлажнения. Число классов в них колеблется от 9 до 23 (Цыганов, 1983).

Шкалы Раменского включают 120 ступеней увлажнения, 20 – переменности увлажнения, 30 – активного богатства и засоленности почвы, 10 – аллювиальности (мощности наилка), 10 – пастбищной дигрессии (Раменский

и др., 1956). Эти шкалы, разработанные для луговодства, наиболее детальны из всех имеющихся шкал такого рода: диапазоны значений экологических факторов указаны для разных значений проективного покрытия конкретных видов, значения показателей для широко распространенных видов приведены отдельно для разных физико-географических зон.

1.4.1 Шкалы Г. Элленберга

Экологические шкалы Г. Элленберга – крайне полезный инструмент для оценки экологических условий. Эти шкалы разработаны для европейской растительности. Они считаются наиболее полными и совершенными, а также постоянно уточняются и обсуждаются.

Шкалы Г. Элленберга рассматривают:

F – увлажнение почв (12 классов);

N – богатство почв азотом (9);

R – кислотность почв (9);

L – освещенность/затенение (9);

T – термоклиматическая (9);

K – континентальность климата (9);

S – солевое богатство (9).

Шкала освещенности (Die Lichtzahl) оценивает отношение растений к относительному освещению, преобладающему в местообитании вида.

Термоклиматическая шкала (Die Temperaturzahl) основана на распространении видов от полярной зоны (или соответственно высокогорья) до средиземноморья. Оценивает теплолюбивость (холодостойкость) вида.

Шкала континентальности (Die Kontinentalitätszahl) основана на распространении видов от европейского побережья Атлантики (1) до внутренней Азии (9).;

Шкала влажности почв (Die Feuchtezahl) основана на распространении видов от сухих скал до болот и водоемов.

Шкала кислотности почв (Reaktionszahl R) оценивает зависимость видов от кислотно-щелочных условий почв, основана на распространении видов от крайне кислых до щелочных (богатых карбонатами или кальцием) местообитаний. При этом, значения шкалы не соответствуют значениями pH почв.

Шкала азотного богатства (Die Stickstoffzahl) согласно новым данным является скорее шкалой питательных веществ, поскольку показывает общий запас питательных веществ в почве – азота, калия, фосфора, магния. Первоначально число N интерпретировалось как мера снабжения растения минеральным азотом (NH_4^+ und NO_3^-). В органогенных почвах, соответственно, богатых гумусом (например, торфяно-болотные), число N не характеризует наличие там азота, поскольку тот находится в недоступном состоянии.

Шкала солевого богатства или засоленности почв (Die Salzzahl) показывает концентрацию солей (в особенности, содержание иона-хлора) в корнеобитаемой области: от 0 (растения, не выносящие засоление) до 9 (растения, выносящие крайнее засоление).

1.4.2 Шкалы Д.Н. Цыганова

Шкалы Д.Н. Цыганова объединяют и систематизируют знания об экологических потребностях растений. При создании шкал автор опирался на значительное число литературных источников и, в том числе, картографические материалы. При разработке экотопических экоморф: гидроморф (типы отношения растений к водному режиму почв) и трофоморф (типы отношения растений к трофическому режиму почв) автор использовал характеристики экологических шкал Л.Г. Раменского, беря при этом максимальный размах амплитуд вне зависимости от обилия вида и зональной приуроченности. Число ступеней шкал при этом было уменьшено по сравнению со шкалами Л.Г. Раменского, что соответствует обобщениям, предложенным коллективом авторов. При разработке ценотопической экоморфы – гелиоморфы

(характеризующей типы отношения растений к режимам затенения особей) использовано большое число источников, в их числе шкалы теневыносливости П.С. Погребняка, работы В.П. Кашкаровой и других, а также сведения из «Флор» и «Определителей» о приуроченности видов к разным местообитаниям. В последующем Д.Н. Цыгановым некоторые шкалы были переработаны, и список их был расширен. В табл. 1 приводится перечень шкал, включенных в издание 1983 г.

Таблица 1.1 – Перечень фитоиндикационных шкал (Цыганов, 1983)

Тип режима	Баллы
Термоклиматическая шкала (Тm)	1 - 14
Шкала континентальности климата (Kn)	1 - 15
Омброклиматическая шкала аридности-гумидности (Om)	1 - 15
Криоклиматическая шкала (Cr)	1 - 15
Шкала увлажнения почв (Hd)	1 - 23
Шкала солевого режима (Tr)	1 - 19
Шкала кислотности почв (Rc)	1 - 13
Шкала богатства почв азотом (Nt)	1 - 11
Шкала переменности увлажнения почв (fH)	1 - 11
Шкала освещенности-затенения (Lc)	1 - 9

Большое внимание Д.Н. Цыганов при работе над шкалами уделял понятию «экоморфы». По его мнению, под экоморфами следует понимать «жизненные формы растений, определяемые их отношением к экологическим условиям». При построении шкал, в зависимости от широты амплитуды по фактору, он различал «монотопические экоморфы» – «строго приуроченные к одному определенному типу режима данного фактора» (в шкалах им

соответствуют нечётные ступени) и «политопические экоморфы» - с более широкими амплитудами, не укладывающимися «в пределах одного типа режима». Для обозначения последних между основными грациями режимов на оси фактора были расположены дополнительные градации – промежуточные (нечётные) ступени шкал. Основные режимы были обозначены буквенными символами, а дополнительные – сочетанием букв двух соседних режимов.

Методика классических расчетов экологических режимов в фитоценозах по Д.Н. Цыганову заключается в использовании двух таблиц: экологических амплитуд видов и шкал факторов. Балл условно оптимального типа режима вида находят по шкале факторов как среднее из минимума и максимума амплитуды толерантности исследуемого растения к данному фактору. Для этого по соответствующей таблице экологических амплитуд видов находят ассоциацию, исследованием которой занимаются, и характерную для него экологическую формулу, приведенную для каждого вида по 10 экологическим факторам. По найденному баллу каждого экологического фактора судят о типе экологического режима для данного вида в данной ассоциации. Для определения значения конкретного экологического фактора всей ассоциации находят среднее арифметическое суммы баллов всех видов ассоциации по данному фактору.

1.5 Стратегия выживания вида

Комплекс свойств популяции, направленных на повышение вероятности выживания и оставление потомства, называется экологической стратегией выживания. Это общая характеристика роста и размножения. Сюда входят темпы роста особей, время достижения половозрелости, плодовитость, периодичность размножения и т.д.

Так, А. Г. Раменский (Раменский, 1956) различал основные типы стратегий выживания среди растений: виоленты, пациенты и эксплеренты.

Виоленты (силовики) – подавляют всех конкурентов, например, деревья, образующие коренные леса.

Пациенты – виды, способные выжить в неблагоприятных условиях. У растений – это острый дефицит воды в почве, затенение, кислые или засоленные почвы, низкие температуры и т.д. Для преодоления стресса у них имеются специальные адаптации. Например, у видов, растущих на очень бедных элементами минерального питания почвах (клюква, багульник, сфагновый мох), питательные вещества из отмирающих частей (листьев, старых веточек) “перекачиваются” в живую часть растения. У теневыносливых видов листья тонкие и содержат много хлорофилла, что позволяет более полно использовать достигающий до них солнечный свет.

Чтобы выдерживать интенсивное вытаптывание и поедание животными, растения-пациенты формируют особую жизненную форму с укороченным стеблем и розеткой прижатых к земле листьев (например, подорожник, одуванчик).

Эксплеренты (наполняющие) – виды, способные быстро появляться там, где нарушены коренные сообщества, – на вырубках и гарях, на отмелях и т.д.

Большинство растений эксплерентов – это однолетники и малолетники рудеральных (мусорных) сообществ нарушенных местообитаний, где не могут существовать виоленты. К эксплерентам относятся большинство культурных растений и их спутники – сорняки. Животные-эксплеренты – это городской голубь, домовые мышь и крыса, рыжий таракан, мухи.

Растения-эксплеренты играют роль “ремонтной бригады”, быстро покрывающей обнажившуюся почву при нарушении экосистем. Животные-эксплеренты являются мусорщиками, утилизирующими отходы. Так, личинки мух могут в течение нескольких дней полностью “переработать” труп крупного животного.

Более подробные классификации выделяют и другие, промежуточные типы. В частности, можно различать еще группу пионерных видов, которые быстро занимают вновь возникающие территории, на которых еще не было никакой растительности. Пионерные виды частично обладают свойствами

эксплерентов – низкой конкурентной способностью, но, как и пациенты, обладают высокой выносливостью к физическим условиям среды.

Экологические стратегии популяций отличаются большим разнообразием. Но при этом все их многообразие заключено между двумя типами эволюционного отбора, которые обозначаются константами логистического уравнения: r-стратегия и K-стратегия.

R-стратеги (r-виды, r-популяции) – популяции из быстро размножающихся, но менее конкурентоспособных особей. Такие популяции быстро расселяются, но они малоустойчивы, к ним относятся бактерии, тли, однолетние растения и др.

K-стратеги (K-виды, K-популяции) – популяции из медленно размножающихся, но более конкурентоспособных особей. Такие популяции населяют стабильные местообитания. К ним относятся человек, деревья и др.

Следует отметить, что одну и ту же среду обитания разные популяции могут использовать по-разному, поэтому в одном и том же местообитании могут сосуществовать виды с r- и K-стратегиями. Между этими крайними стратегиями существуют переходы. Ни один из видов не подвержен только r- или только K-отбору.

Концепции стратегической реализации форм и способов выживания видов растений основываются на системном факториальном подходе и во многом зависят от целевого назначения эксперимента, а также уровня рассматривания биосистемы. В классическом представлении совокупность понятий, объединенная общей темой "Стратегии выживания видов растений", фундаментально рассмотрена в работах научной ботанико-экологической школы, основанной и возглавляемой Б.М. Миркиным (Миркин, 2001). В научно-практическом обобщении представлен анализ работ многих отечественных и зарубежных ученых (Т.А. Работнов, Л.Г. Раменский, Р.Х. Мак-Артур, Е.О. Уилсон, Э. Пианка, Р. Уиттекер, Дж. Грайм и др.). Разработки украинской научной школы Я.П. Дидуха позволяют проводить фитоиндикационные исследования основных экологических факторов и

режимов, в которых формируются виды, сообщества разного уровня целостности и масштабности. Под экологической амплитудой, или амплитудой толерантности понимаются определенные границы значения фактора, в которых возможно существование вида. Знания экологических амплитуд растений являются необходимыми при изучении экологических условий среды, обусловленных как природными, так и антропогенными факторами.

Реализации жизненных стратегий *Reseda lutea* L. в генеративном аспекте продемонстрирована в табл. 1.2 для различных экотопов исследованной территории.

Таблица 1.2 – Генеративная активность *Reseda lutea* L. в условиях различных экотопов (Сафонов, 2008)

Экотопы	Cs	Cr	Cv	d	R
Карьерно-отвалыные комплексы	0,5	0,8	1,0	6,1	2,44
Отвалов угольных шахт	0,5	0,8	0,9	6,3	2,27
Территории коксо-химических заводов	0,4	0,7	0,9	6,7	1,69
Территории металлургических заводов	0,3	0,6	0,9	8,1	1,31
Территории химических предприятий	0,4	0,6	0,9	5,3	1,14
Экотопы автодорог	0,5	0,5	0,8	4,1	0,82
Экотопы железных дорог	0,5	0,6	1,0	4,6	1,38
Экотопы тротуаров	0,6	0,6	0,9	5,5	1,78
Рудеральные экотопы	0,7	0,6	0,9	5,8	2,19
Агрофитоценозы	0,5	0,8	1,0	6,0	2,40
Газоны	0,5	0,5	1,0	7,2	1,80

Из таблицы видно, что для *Reseda lutea* прослеживаются следующие закономерности: коэффициент семяообразования и общее количество генеративных побегов на промплощадках выше, по сравнению с контрольными данными, что свидетельствует об интенсификации репродуктивного усилия тест-видов обусловлено особенностями формирования ценоза, когда преимущественно сорно-рудеральный вид в техногенных экотопах встречаются чаще, поскольку не испытывают конкуренцию с видами природной флоры,

доминирующими в естественных условиях. Два функционально важных показателя – коэффициенты созревания и жизнеспособности семян – в опытных участках достоверно ниже по сравнению с контролем, что обуславливает больший репродуктивный успех в местах с меньшей антропогенной трансформацией. Показатель R, характеризующий процесс семенной репродукции в целом, отражает определенную тенденцию вида в отношении семенного размножения, показывает генетические возможности его репродукции и их реализацию в определенных эколого-ценотических условиях. Этот показатель используется для сравнения семенной репродукции разных видов в пределах одной растительно-климатической зоны, этот показатель служит критерием и вещественным доказательством (обоснованием) для отнесения данного вида к определенному типу жизненных стратегий (r- или K-стратегам). По общим показателям реализации репродуктивной программы, анализируемый вид относится к r-стратегам. Однако, по результатам проведенного эксперимента в различных экотопах наблюдается существенная трансформация репродуктивных показателей. Возможно, для приближения к понятию механизмов устойчивости растений в условиях действия факторов неспецифического стресса в промышленном регионе такого рода данные включают большую концептуальную информативность в аспекте биоиндикации среды, чем показатели структурной разнокачественности растений. В таком случае, имеет смысл более детальное изучение механизмов репродукции, расширение мониторинговой программы в промышленном регионе на основе стратегического способа реализации программы выживания растений (Сафонов, 2008).

2 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ЭКСПЕРИМЕНТА

Мониторинговые точки были заложены на территории Донецкого металлургического завода (ДМЗ) (экотопы территорий промышленных площадок); Донецкого ботанического сада (контроль, экотопы малонарушенных территорий), ул. Розы Люксембург (экотопы селитебных территорий), Путиловского автовокзала г. Донецк, парк им. Щербакова.

Выбор мест сбора материала был обусловлен реальной возможностью получения однодневной однородной выборки растительного материала, частой встречаемостью тест-объекта в экотопах указанных районов и однородностью эколого-ценотических условий произрастания *Reseda lutea* в мониторинговых точках – местах сбора материала.

2.1 Методы сбора и хранения семян и плодов

Для проведения экспериментов семена собирали со всех растений в каждой мониторинговой точке. Семена, находящиеся в коробочке, созревают раньше разрушения плода, поэтому собранные плоды просушивали в сухом помещении. Плоды и семена собирали в строго определенное для данного вида время. Семена и плоды хранили небольшими партиями, поместив в полиэтиленовые пакеты в холодильнике.

Самый простой способ хранения семян – в комнате, бумажных пакетах или матерчатых мешочках. Он прост, но ненадежен - так как в помещении возможны значительные колебания температуры и влажности воздуха (Артюшенко, 1990; Доброхотов, 1961).

Семена поглощают влагу из воздуха, и в результате теряют всхожесть. Чем выше температура и влажность воздуха, тем быстрее семена теряют всхожесть, поэтому таким способом хранят семенной материал с влажностью не более 9%. При открытом способе хранения семян необходимо помнить о том, что чем ниже влажность семян перед закладкой, тем меньше они поглощают влаги из воздуха.

Для длительного хранения семена помещают в снабженные этикетками полиэтиленовые пакеты и держат их в холодильнике в верхней части камеры, где наиболее благоприятная температура. Чем ниже температура, тем эффективнее хранение (Доброхотов, 1961).

По мере хранения семян запасы питательных веществ в них истощаются, и, следовательно, чем дольше хранятся семена, тем меньше веществ остается для прорастания зародыша. Условия хранения должны быть такими, чтобы уровень жизнедеятельности семян был минимальным

Правильно высушенные семена сохраняются два-три года, поскольку запасющие вещества у них откладываются в виде углеводов (Доброхотов, 1961).

2.2 Методы структурного анализа растений

Выбор метода изучения структурных особенностей растений, которые произрастают в условиях антропогенно-трансформированных экотопов, был определен несколькими причинами: индивидуальной специфичностью отдельного признака и сформированного на его основе отдельного показателя или показателей; возможностью отбора большого количества примеров и наличии достаточного времени для их обработки и формирования базы данных (Викторов, 1961; Плюта, 1991).

Существует большое количество методов изучения реакции растений на действие факторов. Целью этих методов является установление способности растений к тестированию загрязнения среды. Нами рассмотрен метод исследования в эмбриональном аспекте – микроструктурного исследования плодов (Барыкина, 2000; Микулич, 2008; Сенников, 2001).

Семена размачиваются в смеси семидесятиградусного этилового спирта с глицерином и дистиллированной водой в соотношении 1:1:1. Поперечные срезы делаются отдельно в верхней, средней (в области семядолей) и нижней частях семян. Сравнение и описание проводят по срезам в средней и нижней частях семян и в области, максимально приближенной к середине при

следующем увеличении: для схем – 15х10, для рисунков – 15х40. Для окрашивания срезов используют сафранин – 1%-ой уксусной кислоты по рекомендациям А.И. Пермякова (Артющенко, 1990).

Нами проведено первичное эмбриологическое исследование состояния *Reseda lutea* L. На промышленных участках ботанико-экологического мониторинга. Полученные показатели требуют дальнейших сравнительных процедур, статистического анализа. Данные о влиянии поллютантов на формирование плодов и семян не дают возможности в полном объёме выявить влияние факторов загрязнения на потенциальную и реальную семенную продуктивность, которая указывает на потребности дальнейшего исследования растений в условиях с разным типом загрязнения для выделения чувствительных и устойчивых видов к этому фактору стресса.

Известно несколько методов определения жизнеспособности пыльцы в лабораторных условиях. Либо пыльцу проращивают на искусственных средах во влажной камере, либо определяют фертильность и стерильность пыльцы красителями.

Нами был использован метод определения жизнеспособности пыльцы окрашиванием. Для экспериментов использовались ацетокармин и метиленовый синий. Ацетокармин – основной краситель, применяется в основном для окрашивания ядерных структур. Для приготовления ацетокармина кипящий 45% раствор уксусной кислоты насыщают кармином, остужают, фильтруют и добавляют 1-2 капли уксусно-кислого железа на каждые 100 мл раствора.

Для определения жизнеспособности пыльцы использовали свежий материал, который фиксировали в уксусном растворе (3:1), а затем пыльники перенесли на предметное стекло и раздавливали их в капле ацетокармина. Убрав лишние ткани, препарат накрывали покровным стеклом и нагревали на спиртовке. После, подсчитывали процент фертильных пыльцевых зерен от общего числа пыльцевых зерен, наблюдаемых в 5 полях зрения микроскопа (Паушева, 1988).

Метиленовый синий – основной краситель тиазинового ряда. Хорошо растворим в воде и этиловом спирте. А.И. Пермяков (Барыкина, 2000) советует готовить 2% раствор красителя на 2% уксусной кислоте или на пятидесятиградусном этиловом спирте.

На высушенный препарат нанесли 1-2 капли метиленового синего, накрыли покровным стеклом. Окрашивали 1-2 минуты. Затем мазок промыли дистиллированной водой несколько раз до получения бледно-синего цвета и высушили.

В дальнейшем сравнили результаты определения фертильности пыльцы ацетокармином и метиленовым синим. Результаты исследования пыльцевых зерен заносили в таблицы.

2.3 Метод проверки анализируемых данных на нормальность распределения

Существует несколько способов проверки анализируемых данных на нормальность распределения. Все их можно разделить на две группы: графические способы и формальные тесты. В нашем случае использовался графический способ проверки анализируемых данных. Для анализа данных выборок использовался статистический пакет SPSS Statistica.

Самый простой графический способ проверки характера распределения данных - построение гистограммы. Если гистограмма имеет колоколообразный симметричный вид, можно сделать заключение о том, что анализируемая переменная имеет примерно нормальное распределение. Однако при интерпретации гистограмм следует соблюдать осторожность, поскольку их внешний вид может сильно зависеть как от числа наблюдений, так и от шага, выбранного для разбиения данных на классы (подробнее см. здесь). Кроме того, достаточно часто при анализе нормально распределенных но смешанных совокупностей гистограммы приобретают асимметричный вид, вводя исследователя в заблуждение (Мастыцкий, 2009).

2.4 Особенности экотопов произрастания *Reseda lutea*

Донецк – административный центр, расположенный на реке Кальмиус. Общая площадь Донецка – 385 км². Протяженность города с севера на юг – 38 км. Протяженность с востока на запад – 55 км. Вместе с близлежащими городами Донецк входит в состав Донецкой агломерации. Донецк расположен в степной зоне, в верховьях реки Кальмиус и окружен небольшими лесами, холмами, реками и озёрами.

Через город протекает 4 реки: Кальмиус, Бахмутка (Скоромошина), Асоловка (Дурная), Черепашкина. В Донецке насыпано 125 терриконов. В пределах Донецкой области 30 водохранилищ, ставков общей площадью водного зеркала 600 га (Географічна..., 1990).

Среднегодовая температура составляет +9 °С. В начале 21 века отмечалось несколько необычно тёплых лет, среднегодовая температура составила: в 2007 году +10,3 °С, в 2008 году +9,3 °С, в 2009 году +9,8 °С, в 2010 году +10,4 °С.

Климат в Донецке умеренно-континентальный. Среднемесячная температура воздуха в январе –4 °С, в июле +21,6 °С. Абсолютный минимум температуры воздуха –32,2 °С зафиксирован 11 января 1950 года, абсолютный максимум наблюдался 10 августа 2010 года и составил +39,1 °С. Зимой господствуют северо-восточные и восточные ветры, летом – северо-западные и западные ветры. Осадков выпадает в среднем 492 мм в год. Характерно жаркое и засушливое лето и переменчивая, иногда холодная зима.

Тёплая погода устанавливается с середины апреля и держится в течение 170—180 дней. Период без заморозков в среднем 190-200 дней. Летом в Донецке высокая температура воздуха, засухи и резкие переменчивые ветра.

Первые холода появляются в ноябре, месяц ветреный, иногда с заморозками и снегопадами, но снег редко лежит больше одного-двух дней. В холодное время года преобладает Азиатский антициклон. Погода неустойчива, так как равнинная местность способствует свободному продвижению атлантических, арктических и континентальных воздушных масс, морозы часто

сменяются оттепелями. Средняя температура воздуха зимой чаще всего бывает в интервале от 0 °С до – 10 °С (Географічна..., 1990).

Зимой в Донецке преобладают восточные, юго-восточные и северо-восточные ветры, летом — западные и северо-западные, ветры южного направления бывают редко. Среднемесячная скорость ветра в Донецке в октябре — апреле 6,1 м/с, в мае-сентябре — 4,4 м/с, максимальная зафиксированная скорость ветра (в аэропорту) составляет 34 м/с. Когда зимой дуют северные и северо-восточные ветры, температура в регионе ночью может опуститься ниже –20 °С, летом при ветрах этих направлений в городе становится по-осеннему холодно. Восточные и юго-восточные ветры летом приносят суховеи.

Умеренно континентальный климат Донецка характеризуется пониженной влажностью воздуха в течение всего года.

Донецк лежит в пределах степной зоны с благоприятными почвенно-климатическими условиями. Распространены антропогенные формы рельефа (Географічна..., 1990).

Производственную структуру города определяют уголь, металлургия, машиностроительная и металлообрабатывающая промышленности, на которые приходится более 50% выпуска промышленной продукции. Более 1/3 части продукции изготовляют легкая и пищевая промышленности, остальное приходится на химическую промышленность, строительные материалы. Угольная промышленность представлена 21 предприятием.

Сбор материала осуществлялся на территории Донецкого ботанического сада, в парке им. Щербакова, в селитебных зонах города Донецк, на обочинах дорог.

Донецкий ботанический сад - один из крупнейших ботанических садов Европы. Сад располагается вдоль Богодуховской балки. Здесь протянулась цепь из семи прудов. Почвы сада преимущественно чернозёмные, но встречаются участки с болотными солончаковыми почвами и отслоениями лесовых пород.

Площадь сада составляет 203 га (одно из первых мест по площади в Европе). На его территории произрастает около пяти с половиной тысяч видов растений.

Парк им. Щербакова - парк города Донецка. Находится в Скоромошиной балке. Территория, на которой расположен парк, раньше представляла собой участок открытой степи, который полого спускался от Смолянки до реки Бахмутки (Скоромошина). Позже, река была перегорожена плотиной, в результате чего образовался Первый городской пруд. В 1931 году было принято решение о создании парка, а в сентябре 1932 года началось его создание. Под парк выделили участок открытой степи площадью 120 гектаров за речкой Бахмуткой (Первый городской пруд) у Скоморошинской балки (Степкин, 2007).

Выбор мест сбора материала был обусловлен реальной возможностью получения однодневной однородной выборки растительного материала, частой встречаемостью тест-объекта в экотопах указанных районов и однородностью эколого-ценотических условий произрастания *Reseda lutea* в мониторинговых точках – местах сбора материала для сравнительного анализа.

3 АНАЛИЗ СТРУКТУРНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ *RESEDA LUTEA*

Л. В ПРОМЫШЛЕННОЙ СРЕДЕ

В экспериментальной части работы нами проанализирована морфоструктурная пластичность как вегетативной сферы по листовому аппарату, так и вариабельность генеративных структур; проведен палинологический анализ *Reseda lutea* в экспериментальных экотопах; выявлены тератологические изменения частей цветка, произрастающих в промышленной среде; предложен спектр наиболее перспективных индикаторных значений.

3.1 Структурный анализ листовой пластинки

Изучение структурных особенностей листовой пластинки было реализовано нами для анализа первого присоцветного листа верхней генеративной формации для объектов, произрастающих в различных экотопах на выбранных для анализа территориях (табл. 3.1).

Подобный анализ проводился ранее для других промышленных экотопов города Донецк и была доказана индикаторная способность листовой пластинки *Reseda lutea* (Сафонов, Микулич, 2008).

Полученные данные статистически достоверны.

Структурный анализ листовой пластинки резеды желтой показал, что в строении листа наиболее значимыми для этой серии экспериментов выявлены ширина и форма на поперечном срезе листовой пластинки, количество жилок, специфика расположения склеренхимы, толщина и степень извилистости клеток этой ткани. Выбор именно листа, сопряженного с соцветием, обусловлен временем сбора полевого материала и необходимостью сравнения данных структурной трансформации в вегетативной и генеративной сферах тест-растения.

**Таблица 3.1 – Анатомические показатели листовой пластинки *Reseda lutea* в условиях контроля и повышенного антропогенного прессинга
(составлена автором, 2015 г.)**

Экотоп	Показатели					
	Ich			Isk		
	norm.	degr.	t _{st}	norm.	degr.	t _{st}
контроль	126,6±8,33	108,3±5,36	1,85*	243,4±9,42	236,4±9,61	0,52*
селитеб- ный	138,1±6,65	99,7±4,21	4,86**	217,6±10,31	216,2±10,26	0,10**
автодорог	118,8±7,21	81,3±3,36	4,72**	201,2±10,46	198,3±10,13	0,19**

t_{st} – критерий Стьюдента;

* - данные достоверны при $p \leq 0,05$, ** - при $p \leq 0,01$;

Ich – толщина слоя хлоренхимы, мкм;

Isk – размер склеренхимной обкладки большего проводящего пучка на поперечном срезе, мкм.

Показатель толщины слоя хлорофиллоносной паренхимы является интегрированным отражением показателя ксерофитизации, в данном случае индикатором стресс-условий. В данном эксперименте достоверно установлено, что в условиях повышенной антропогенной нагрузки эти показатели уменьшались, что положительно коррелирует с размерами склеренхимной обкладки.

Также был проведен опыт по установлению морфометрической пластичности резеды желтой в вегетативной сфере.

На рисунках 3.1-3.3 представлены вариационные ряды первого присоцветного листа верхней генеративной формации *Reseda lutea* L. в экспериментальных экотопах, отличающихся спецификой антропопрессии на среду формирования растения.

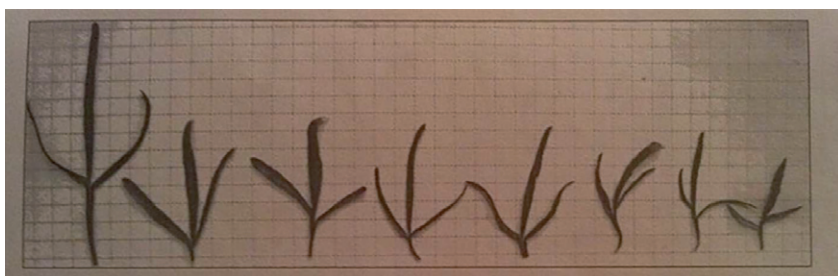


Рисунок 3.1 – Строение первого прицветного листа верхней генеративной формации *Reseda lutea* L., ДМЗ, г. Донецк (составлено автором, 2015 г.)

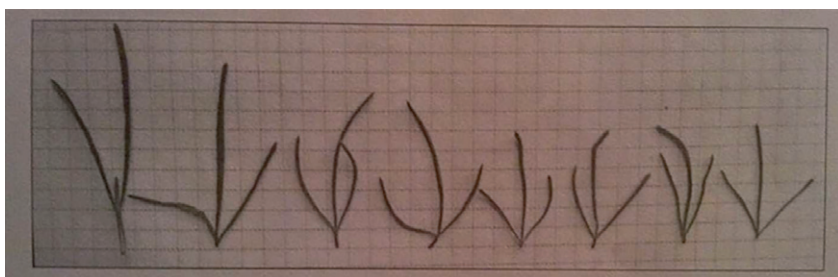


Рисунок 3.2 – Строение первого прицветного листа верхней генеративной формации *Reseda lutea* L., Донецкий ботанический сад, г. Донецк (составлено автором, 2015 г.)

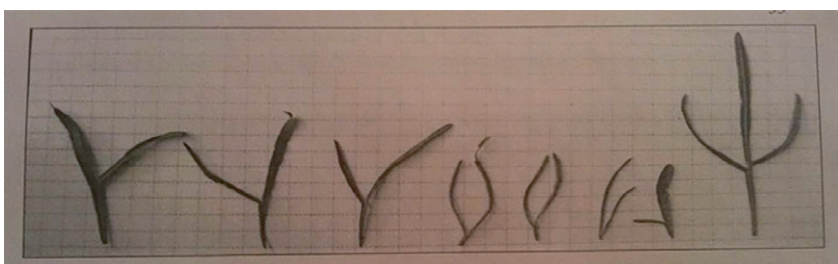


Рисунок 3.3 – Строение первого прицветного листа верхней генеративной формации *Reseda lutea* L., ул. Р. Люксембург, г. Донецк (составлено автором, 2015 г.)

По результатам проведенных исследований было установлено, что структура листовой пластинки является интегральным показателем ксерофитизации и пайноморфности условий существования вида – при увеличении антропогенной нагрузки на среду увеличивалась структурная гетерогенность листового аппарата и поэтому такой комплексный показатель может рассматриваться как информативный в системе оценивания условий среды для произрастания резеды желтой в промышленных экотопах г. Донецка.

3.2 Анализ структурных особенностей цветка

Изучение структурных особенностей цветка было спланировано для установления возможности использования этой характеристики в фитоиндикационном эксперименте. Мы изучали цветки резеды желтой как в условиях модельных экотопов, так и на уровне одного соцветия для установления матрикальной гетерогенности антогенеза и выявления наиболее информативных структур цветка при сравнительном анализе по экотопам.

Были обнаружены терантные изменения цветков растений, произрастающих на территориях промышленных экотопов.

Контрольным участком для исследования был выбран Донецкий ботанический сад. Аномалии цветков были представлены недоразвитием органов цветка, изменением их количества, изменением окраски цветка. Больше количество цветков не подверглось изменениям (60-70%). Позеленение цветков наблюдалось в 15% случаев. Также имеют место изменение количества членов чашечки, например, вместо шести чашелистиков цветок имеет пять (4%) и семи чашелистиков (5%) (рис. 3.4). Увеличение числа чашелистиков в данном случае не сопровождается увеличением или уменьшением числа лепестков.

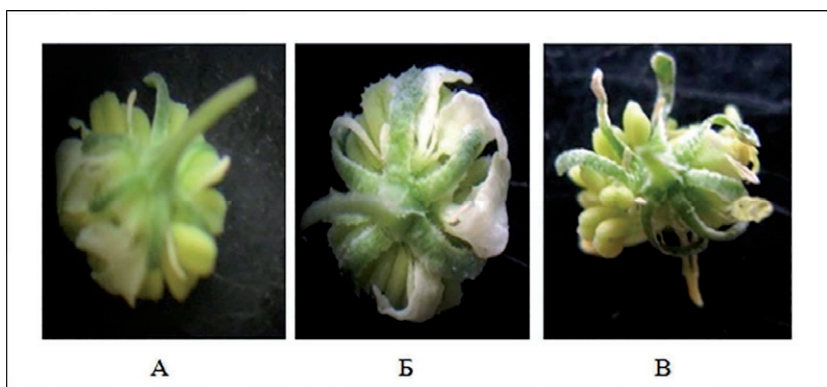


Рисунок 3.4 – Строение цветков *Reseda lutea*, вид снизу (Сафонов, 2008 г., составлено автором)

А – цветок имеет 6-членную чашечку (норма); Б – 5-членная чашечка у *Reseda lutea*; В – 7-членная чашечка у *Reseda lutea*.

Количество цветков, имеющие недоразвитие гинецея составляет 2%. Аномальные изменения гинецея не сопряжены с изменением количества остальных органов цветка. Уменьшение числа плодolistиков происходит в цветках с нормальным околоцветником и андроцеом.

То есть при полимеризации или олигомеризации околоцветника цветки остаются функционально полноценными по морфологическому формированию завязи.

Для выявления аномального строения цветков был собран материал в районе Путиловского и Южного автовокзала.

Из всего количества цветков 40 % из них были нормальными. На первом месте среди изменений в цветке являются изменения окраски цветков, то есть их позеленение, которые составляют 35 % от всего количества. Также подверженными к изменениям оказался гинецей 4 % и андроцей 5 %. Недоразвитие тычинок в данном случае сопровождается позеленением цветков.

Также, в условиях промышленных экотопов было выявлено срастание чашелистиков – 5% и уменьшение количества лепестков (вариант олигомеризации) – 3%, чего не наблюдалось в контроле.

В данной выборке увеличение количества чашелистиков составляет 6%, уменьшение их количества – 5%. Уменьшение количества лепестков не сопровождается уменьшением или увеличением количества чашелистиков.

Изучение аномалий цветков растений, произрастающих на территории промышленных площадок, показало, что по встречаемости преобладают следующие аномалии цветков: позеленение, увеличение количества чашелистиков, недоразвитие гинецея, недоразвитие андроеца, уменьшение количества чашелистиков, срастание чашелистиков.

Из всей выборки 36 % цветков оказались неподверженными к различным изменениям.

Наибольшей степенью проявления среди аномалий обладает позеленение цветков (30%). Позеленение цветков сопровождается недоразвитием гинецея (5%), а у 6 % наблюдается позеленение цветков и уменьшение количества чашелистиков одновременно.

Олигомеризация в цветках проявляется в уменьшении количества чашелистиков (7 %), а при полимеризации происходит увеличение их количества (17 %). Срастание отдельных элементов цветка между собой наблюдается для чашелистиков (10 %). Также поврежденными оказались гинецей (7 %) и андроец (6 %).

Фракционирование категорий отклонения было произведено нами и по типологической структуре разных вариантов аномального развития резеды желтой в различных экотопах, что представлено в табл. 3.2, где наибольший процент отклонений от нормы соответствует позеленению цветков (околоцветника).

Таблица 3.2 – Варианты аномального развития *Reseda lutea* в различных экотопах (составлена автором, 2015 г.)

Экотопы	Позеление цветков, %	Недораз- витие гинецея, %	Недораз- витие андроцея, %	Уменьше- ние количества чашелисти- ков, %	Увеличе- ние количе- ства чашелис- тиков, %
Экотопы автодорог	35	4	5	5	6
Экотопы промыш- ленных площадок	30	7	6	7	17
Террито- рии мало- нарушен- ных экотопов	15	2	3	4	5

Следовательно, для различных экотопов можно выделить ряд характерных черт тератогенеза. Во всех трех экотопах по встречаемости преобладает позеленение цветков. Также следует отметить, что достаточный процент аномалий для всех экотопов составляет увеличение и уменьшение количества чашелистиков.

3.3 Особенности формирования соцветий

Количество соцветий, взятых из участков в г. Донецке составило по 50 экземпляров. Из соцветия были взяты 10 цветков, которые детально исследовались. В результате были установлены наиболее часто встречаемые аномалии – недоразвитие гинецея, тычинок, позеленение цветков, увеличение и уменьшение количества чашелистиков, уменьшение количества лепестков, срастание чашелистиков. При недоразвитии органов цветка происходит уменьшение их размеров – гипогенезия, тычинки утрачивают свою фертильность, изменяется количество лепестков венчика и чашелистиков. В последнем случае имеет место олигомеризация – уменьшение количества органов цветка.

Существует большое количество методов изучения реакции растений на действие факторов. Целью этих методов является установление способности растений к тестированию загрязнения среды. Нами рассмотрен метод исследования в генеративном аспекте – структурного исследования соцветий (рис. 3.5).

Reseda lutea L. имеет соцветие кисть, которое характеризуется удлинённой главной осью и цветками на хорошо выраженных цветоножках более или менее одинаковой длины. В конце цветения кисть удлиняется.

Структурный анализ строения соцветия был основан на характеристике составляющих единиц, таких как узел и междоузлие.

При нормальных условиях окружающей среды, соцветия имеют цветки, расположенные равномерно по оси соцветия. При влиянии антропогенной нагрузки, архитектоника соцветий может нарушаться (в данном случае, цветки на соцветиях располагаются пучками; укорочение междоузлия соцветий не сопровождается укорочением всей оси соцветия).

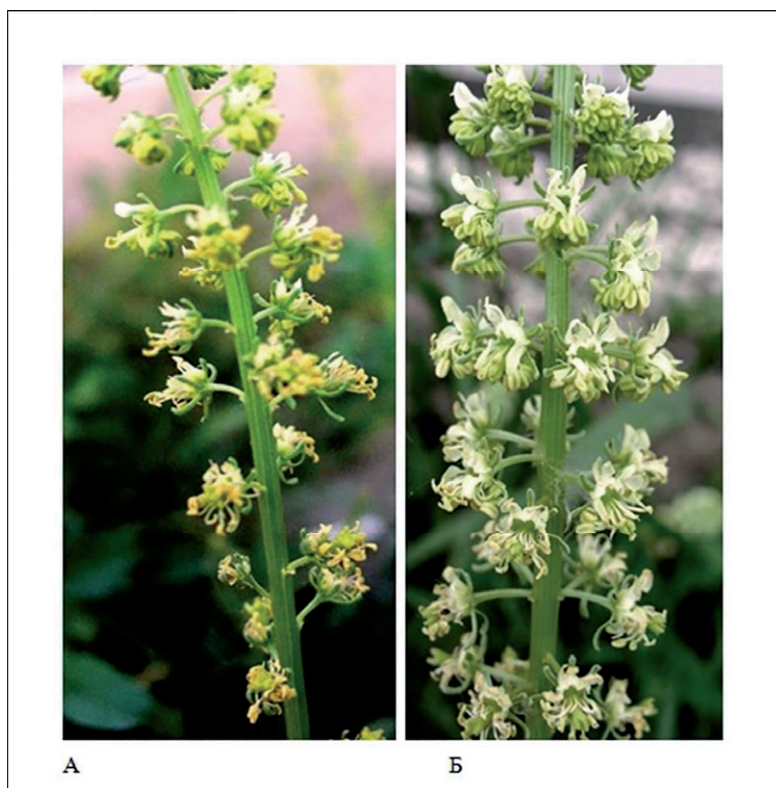


Рисунок 3.5 – Варианты соцветий *Reseda lutea* L, в различных экотопах (Сафонов, 2008 г., составлено автором)

А – контроль, Б – экотопы промплощадок

В ходе исследования, было выявлено, что наиболее сильно пострадала архитектура соцветий у растений, произраставших в зонах путей связи (15,6%). Для селитебной зоны, а также для зоны, прилегающей к городским ставкам, нарушения составляют 7,4% и 4,2% соответственно. В зоне контроля, тератных изменений архитектуры соцветий выявлено не было. Отмеченные аномальные изменения в сравнении с соцветиями обычной формы отображены на рисунке 3.6.

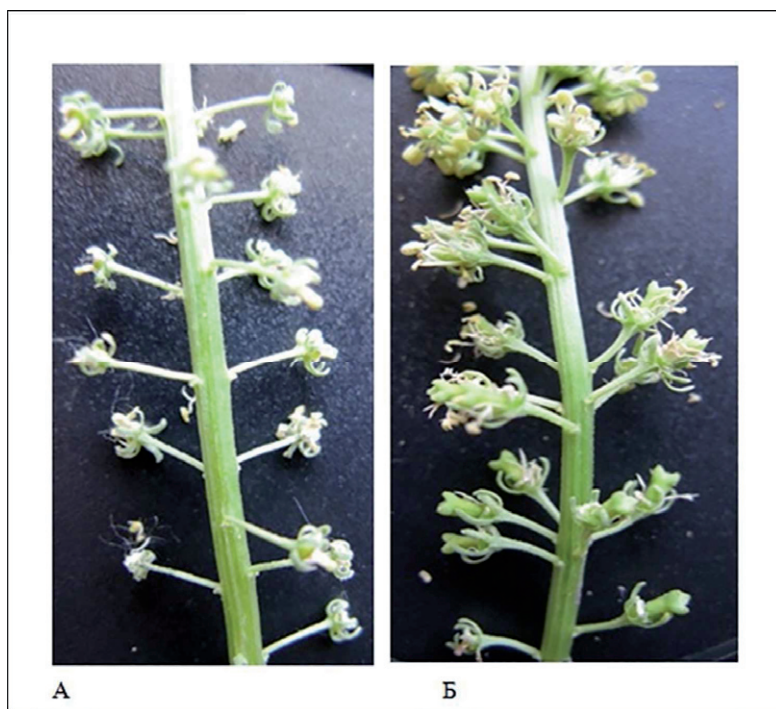


Рисунок 3.6 – Строение соцветий *Reseda lutea* L. (Сафонов, 2008 г., составлено автором);

А – норма, Б – нарушение архитектоники соцветия

Соцветия собранные из контрольной зоны имеют цветки, расположенные равномерно по оси соцветия, а не пучками, что не отмечено для соцветий, собранных в экотопах промышленных площадок и экотопах путей сообщения. В двух последних случаях, укорочение междоузлия соцветий не сопровождается укорочением всей оси соцветия. При этом интенсифицируется продолжительность цветения и сроки плодоношения.

3.4 Структурные особенности пыльцевых зерен

Состояние пыльцевых зерен может иметь большое индикационное значение. Нами был использован метод определения жизнеспособности пыльцы в лабораторных исследованиях.

Подобный метод изучения особенностей пыльцевых зерен *Reseda lutea* использовался учеными и ранее (Микулич, 2008; Сафонов, 2008).

Была определена фертильность и стерильность пыльцы окрашиванием с помощью ацетокармина и метиленового синего.

В связи с тем, что резеда желтая цветет с конца мая по конец июня, нами были использованы материалы палинологического эксперимента для следующих экотопов: Донецкий ботанический сад, экотопы промышленных площадок, путей сообщения и отвалов угольных шахт. В результате эксперимента было установлено, что ацетокармин и метиленовый синий являются альтернативными красителями и могут быть использованы автономно и достоверным получением одинаковых результатов.

При определении показателя СДП (степени дефектности пыльцевых зерен) нами было установлено, что для контрольных участков этот показатель не превышал 4% от общего количества пыльцы, в условиях экотопов промышленных площадок варьировал от 15 до 40%, отвалов угольных шахт Калининского района г. Донецка – 25-35%, а для путей сообщений (вдоль автотрасс г. Донецка) – 15 - 30%, что указывает на типичную трансформацию в мужской генеративной сфере при увеличении степени антропогенной нагрузки в урбанистической среде и в промышленных зонах. Такой показатель удобен для интерпретации комплексной характеристики токсического уровня в среде, показатели которого часто сопряжены со степенью трансформации экотопа. Данные о состоянии пыльцевых зерен в условиях экспериментальных точек представлены на рисунке 3.7.

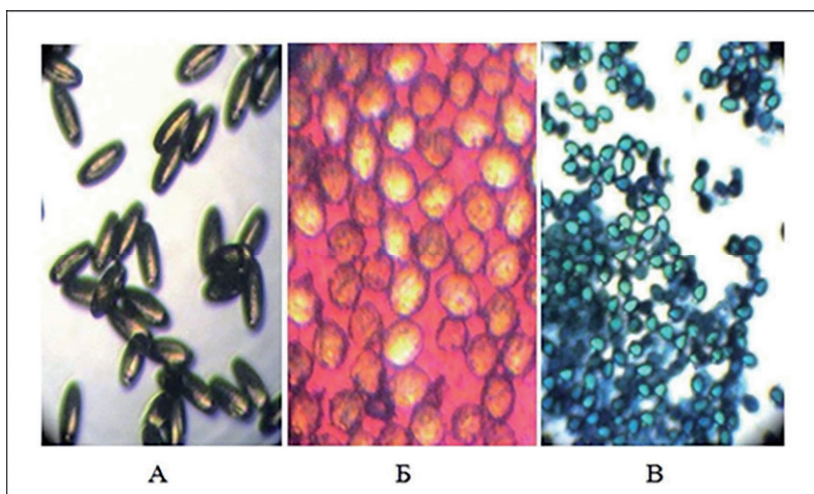


Рисунок 3.7 – Пыльцевые зерна *Reseda lutea* в различных экотопах

(Золотой, Сафонов, 2015 г.)

вариабельность формы и окрашивания, 7X40

А – контроль, Б – экотопы селитебных территорий (краситель – ацетокармин),

В – экотопы путей сообщения (при окрашивании метиленовым синим)

Нами установлено, что у фертильных пыльцевых зерен зернистая цитоплазма, которая при обработке ацетокармином или метиленовым синим окрашивается в карминово-красный и синий цвет соответственно. При окрашивании метиленовым синим, 90 % пыльцы, взятой из растений, произрастающих в экотопах малонарушенных территорий, является фертильной, то есть более жизнеспособна, чем в экотопах повышенной антропогенной нагрузки (до 40-50%). Стерильная пыльца, собранная в условиях г. Донецка из экотопов промышленных предприятий (ДМЗ) составляет 45%, не окрашивается или окрашивается неравномерно, содержимое их отходит (отслаивается) от оболочек пыльцевого зерна, что подтверждает тенденции усиленной трансформации структурных единиц при увеличении антропогенной нагрузки на экотопы как путей сообщения, так и промышленных площадок.

Процентное соотношение фертильных пыльцевых зерен, собранных из экотопов селитебных территорий и экотопов дорог не превышает 85%.

При окрашивании пыльцы ацетокармином значение процентного показателя жизнеспособности пыльцы совпадают, что указывает на возможность использования для *Reseda lutea* любого из указанных красителей в фитоиндикационном эксперименте.

По полученным данным можно предположить, что существует связь между наличием токсической нагрузки, в данном случае между зоной путей связи и степенью жизнеспособности пыльцы.

Показатель дефектности пыльцы для *Reseda lutea* имеет большее информационное значение в индикационном мониторинге оценки качества среды чем, например, в изучении потенциальной и реальной семенной репродуктивности вида, поскольку даже в таких условиях техногенных трансформаций вид способен выживать и образовывать семенной материал в достаточном количестве для возобновления ценопопуляционных структур на протяжении нескольких лет.

3.5 Особенности развития плодов *Reseda lutea* в различных экотопах Донбасса

При оценивании плодов *Reseda lutea* в условиях антропогенно трансформированной среды нами были получены морфологические признаки, к которым относится форма, характер поверхности и цвет созревших плодов в общей генеральной совокупности.

Гетерокарпия *Reseda lutea* исследовалась ранее и была доказана фитоиндикационная значимость данного критерия (Сафонов, Микулич, 2008).

В ходе экспериментов были выявлены следующие признаки морфологии плодов, нетипичные для данного вида:

- 1) вариабельность окраски плодов;
- 2) нетипичная форма плодов;

3) уменьшение количества плодолистиков (в норме - 3, в нетипичных случаях - 2).

Анализ полученных данных показал, что частота встречаемости плодов с нетипичной окраской составляет 2,16 % от общего количества плодов, 97,84 % имеют типичную для них окраску. Что же касается формы коробочки, то нормой для данного вида является удлинненно-овальная форма, но встречаются плоды с нетипичной для них формой – сферической (1,86 %).

Также были выявлены нарушения связанные с уменьшением количества плодолистиков: в норме – 3, а 2 плодолистика является нетипичным для данного вида. 1,24 % плодов имеют два плодолистика, а 98,76% являются нормальными плодами.

Если визуально диагностировать местопроизрастание *Reseda lutea* по контрольным опытным экотопам, то разницу можно показать на рисунке 3.8:

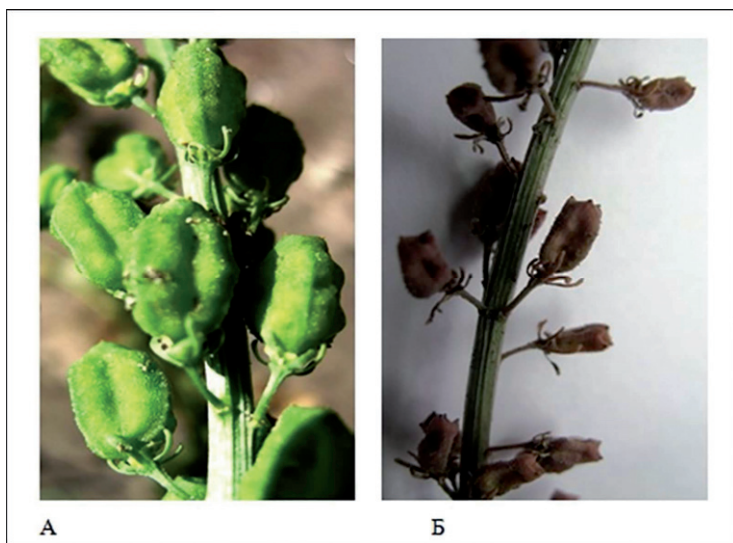


Рисунок 3.8 – Плоды *Reseda lutea* в центральной части соцветия (Сафонов, 2008 г., Золотой, Сафонов, 2015, 2016 гг.)

А – контроль, Б – экотопы промплощадок

По поводу вариабельности плодов, то в результате расчетов, нами было установлено, что наибольший коэффициент вариабельности плодов *Reseda lutea* соответствовал выборке на территории, прилегающей к зоне путей связи (20–40%), наименьшая – в пределах одного соцветия Донецкого ботанического сада (3–5%), т.е. участку, выбранному нами как контрольная зона для сравнительного эксперимента.

Следовательно, такой критерий как гетерокарпия *Reseda lutea* обладает фитоиндикационной значимостью и может быть разработан более детально для экспериментального фитоиндикационного мониторинга в антропогенно трансформированной среде.

3.6 Экологические характеристики промышленных экотопов

Согласно экологическим шкалам Г. Элленберга и Д.Н. Цыганова, *Reseda lutea* L. имеет следующие экологические характеристики (табл. 3.3):

Таблица 3.3 – Экологические характеристики *Reseda lutea* (Ellenberg, 1974; Цыганов, 1983)

Шкалы	Тем- пера- тура, баллы	Континента- льно- сть, баллы	Криокли- матич., баллы	Увлажне- ние почвы, баллы	Кислот. поч- вы, баллы	Азото- обесп., баллы	Соле- вое бог., бал- лы	Осве- щен- ность, бал- лы
По Г. Эл- ленбергу	6	3	-	3	8	4	-	7
По Д.Н. Цыганову	6-13	7-13	7-13	5-11	7-11	2-8	7-9	1-3

Зоной оптимума для *Reseda lutea* является: умеренно теплый климат; почвы от слабокислых до слабощелочных, умеренно обеспеченные азотом; солевое богатство почв – от умеренно богатых до богатых; влажность - средняя; освещенность экотопа - средняя.

Были определены средние значения экологических характеристик для исследуемых антропогенно измененных экотопов (табл. 3.4-3.5). Для этого были использованы данные экологических шкал *Reseda lutea*, а также данные растений, чаще всего встречающихся вместе с резедой в точках сбора материала. Вместе с *Reseda lutea* произрастают следующие растения: василек шероховатый, копытень европейский, тысячелистник благородный, молочай острый, подорожник средний, шалфей мутноватый, донник лекарственный, ковыль перистый, костер полевой, пырей ползучий, фиалка душистая, вероника колосистая, мать и матчеа, чистец однолетний, лапчатка белая.

Таблица 3.4 – Средние значения экологических характеристик экотопов по шкалам Г.Элленберга (составлена автором, 2016 г.)

Экологическая характеристика	Зона контроля	Селитебная зона	Зона путей связи	Зона, прилегающая к городским ставкам
Температура, баллы	6	6	6	6
Увлажненность почвы, баллы	5	5	5	6
Кислотность почвы, баллы	7	8	8	7
Азотообеспеченность, баллы	5	3	5	4
Освещенность, баллы	8	7	7	7

**Таблица 3.5 – Средние значения экологических характеристик
экотопов по шкалам Д.Н.Цыганова (составлена автором, 2016 г.)**

Экологическая характеристика	Зона контроля	Селитебная зона	Зона путей связи	Зона, прилегающая к городским ставкам
Криоклиматич.	8	8	8	8
Увлажнение почвы	7	6	6	9
Кислотность почвы	9	8	8	9
Азотообеспечен.	7	8	9	7
Солевое богатство	7	7	8	7
Освещенность-затененность	3	3	3	4

В результате анализа данных экологических шкал были описаны исследуемые экотопы.

1. По шкале Элленберга:

Зона контроля – характерен умеренно-теплый климат, увлажненность почвы – средне-влажная, кислотность – слабо кислая, азотообеспеченность – умеренная, освещенность экотопа – 40%, могут расти растения от светолубивых до сильно-светолубивых.

Селитебная зона – характерен умеренно-теплый климат, увлажненность почвы средне-влажная, кислотность почвы – слабощелочные, азотообеспеченность – бедные азотом местообитания, освещенность – 30%, светолубивые растения.

Зона путей связи – характерен умеренно-теплый климат, увлажненность почвы средне-влажная, кислотность почвы – слабощелочные, азотообеспеченность – умеренно обеспеченные местообитания, освещенность - 30%, светолубивые растения.

Зона, прилегающая к городским ставкам – характерен умеренно теплый климат, увлажненность почвы – от средне-влажных до влажных, кислотность почвы – слабокислые, освещенность – 30%, светолюбивые растения.

2. По шкале Д.И Цыганова

Зона контроля – характерны умеренно мягкие зимы, увлажнение почв – почвы средне степные, кислотность почвы – нейтральная, азотообеспеченность – достаточная обеспеченность азотом, солевое богатство – довольно богатые почвы, освещенность – полуоткрытые пространства

Селитебная зона – характерны умеренно-мягкие зимы, увлажнение почв – почвы от сухостепных до среднестепных, кислотность почвы – от слабокислой до нейтральной, азотообеспеченность – от достаточно обеспеченных до богатых, солевое богатство – довольно богатые почвы,, освещенность – полуоткрытые пространства

Зона путей связи – характерны умеренно-мягкие зимы, увлажнение почв – почвы от сухостепных до среднестепных, кислотность почвы – от слабокислой до нейтральной, азотообеспеченность – богатые азотом почвы, солевое богатство – от довольно богатых до богатых почв, освещенность – полуоткрытые пространства

Зона, прилегающая к городским ставкам – характерны умеренно-мягкие зимы, увлажнение почвы – влажно-степные почвы, кислотность почвы – нейтральная, азотообеспеченность – достаточная обеспеченность азотом, солевое богатство – довольно богатые почвы, освещенность – полуоткрытые пространства.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что данный метод является подходящим для углубленных исследований климатических особенностей экотопов и соответственно, является полезным инструментом в фитоиндикационных исследованиях.

3.7 Проверка нормальности распределения данных выборок структурных составляющих *Reseda lutea*

В ходе исследований была определена нормальность распределения выборок длин стеблей, листовых пластинок и плодов *Reseda lutea*.

Сбор данных проводился на территории ботанического сада (зона контроля), ул. Розы Люксембург, ул. Артема, ул. Щорса (селитебная зона), Путиловский автовокзал (2014 г.), Южный автовокзал (зона путей связи), парк им. Щербакова, городские ставки (зона городских ставок). Для анализа данных выборок использовался статистический пакет SPSS Statistica.

Полученные результаты представлены на рис. 3.9 - 3.11.

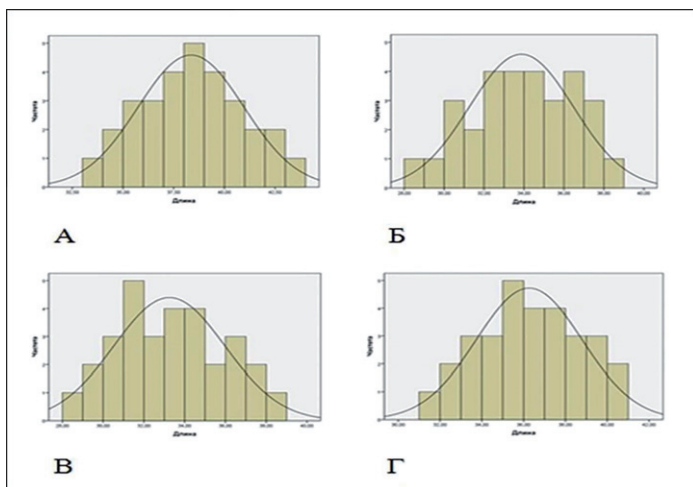
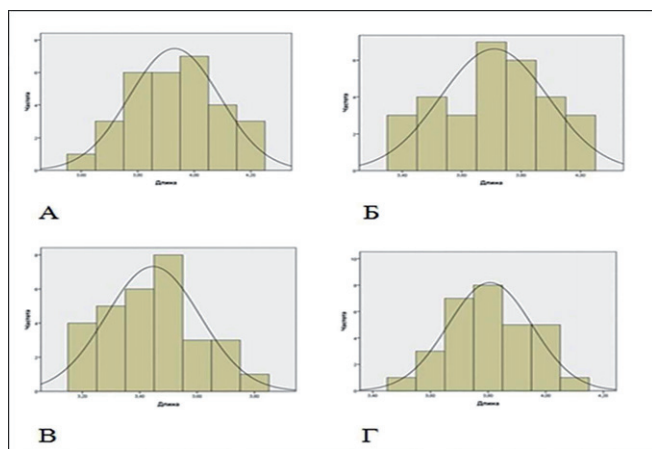


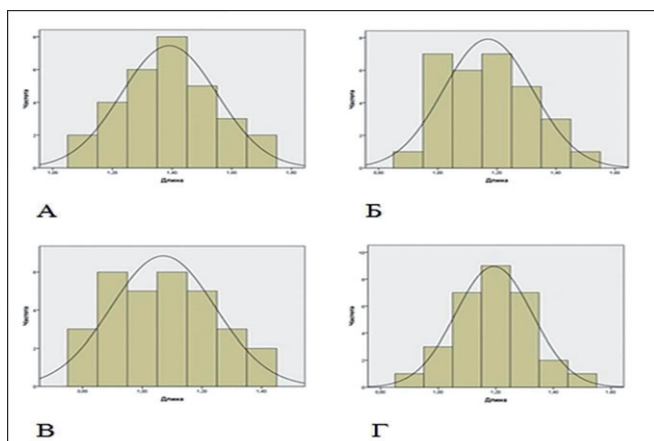
Рисунок 3.9 – Исследование на нормальность распределения выборки длины стеблей (составлено автором, 2016 г.)

А - зона контроля, Б - селитебная зона, В - зона путей связи, Г - зона городских ставок



**Рисунок 3.10 – Исследование на нормальность распределения выборки длины
листовых пластинок (составлено автором, 2016 г.)**

**А - зона контроля, Б - селитебная зона, В - зона путей связи, Г - зона городских
ставков**



**Рисунок 3.11 – Исследование на нормальность распределения выборки длины
плодов (составлено автором, 2016 г.)**

**А - зона контроля, Б - селитебная зона, В - зона путей связи, Г - зона городских
ставков**

Исследование выборок показало, что нормальность распределения исследуемых значений во всех случаях характерна для растений, произрастающих в зоне контроля и в зоне, прилегающей к городским ставкам. Выборки данных, полученных с селитебной зоны и с зоны путей связи, имеют нарушенную нормальность распределения. Следовательно, имеется взаимосвязь между антропогенной нагрузкой и показателем распределения выборки (данные выборок с менее загрязненных экотопов более стремятся к нормальности чем данные выборок, полученных с антропогенных экотопов).

Полученные результаты свидетельствуют о том, что метод исследования нормальности распределения данных структурных составляющих *Reseda lutea* обладает фитоиндикационной значимостью и может быть разработан более детально для экспериментального фитоиндикационного мониторинга в антропогенно-трансформированной среде.

3.8 Фитоиндикационная значимость *Reseda lutea*

Фитоиндикационная значимость *Reseda lutea* в условиях разных техногенных нагрузок может быть представлена нами в следующем перечне информативных характеристик, которые при комплексном исследовании были достоверно различны в системе "опыт – контроль" в градиенте токсической нагрузки:

- 1) индекс генеративной активности (интенсификация репродуктивного усилия тест-вида);
- 2) уменьшение коэффициента созревания и жизнеспособности семян;
- 3) повышение уровня гетерофилии первого прицветного листа;
- 4) утончение слоя хлорофиллоносной паренхимы;
- 5) увеличение склеренхимной обкладки в листовых пластинках розеточной формации;
- 6) гиперфункция пыльников и недоразвитие пестичной части цветка;
- 7) частота тератологических преобразований в чашечке;
- 8) трансформация архитектоники соцветий;

- 9) увеличение степени дефектности и стерильности пыльцевых зерен;
- 10) матрикальная и ценотическая гетерокарпия;
- 11) гетероэмбриональные поверхностные цветковые различия;
- 12) асимметричность семядольного аппарата;
- 13) матрикальная гетероспермия

Указанные характеристики и тенденции их изменений могут рассматриваться как блоковая база данных по фитоиндикационной структурной значимости *Reseda lutea* в различных экотопах Донбасса.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. *Reseda lutea* L. – вид растений с широкой экологической амплитудой, о чем свидетельствует специфика регистрации этого вида в природных и техногенных экотопах Донбасса.

2. Природный структурный полиморфизм и гетерогенность строения в контрастных геохимических условиях произрастания вида существенно различаются, что является основанием к рекомендации апробации этого вида в фитоиндикационных мониторинговых исследованиях в Донбассе.

3. Коэффициент семяобразования и общее количество генеративных побегов у *Reseda lutea* на промплощадках выше, по сравнению с контрольными данными, что свидетельствует об интенсификации репродуктивного усилия тест-видов.

4. Структурный анализ листовой пластинки резеды желтой показал, что в строении листа наиболее значимыми для этой серии экспериментов выявлены ширина и форма на поперечном срезе листовой пластинки, количество жилок, специфика расположения склеренхимы, толщина и степень извилистости клеток этой ткани.

5. Наибольшая частота образования аномальных цветков характерна для растений, произрастающих в условиях г. Донецка (ДМЗ, АВ «Путиловский»)

6. Доказано, что состояние пылевых зерен может иметь большое индикационное значение. По полученным данным можно предположить, что существует связь между наличием токсической нагрузки, в данном случае ДМЗ и степенью жизнеспособности пыльцы.

7. Фитоиндикационная значимость *Reseda lutea* в условиях разных техногенных нагрузок может быть представлена нами в следующем перечне информативных характеристик: индекс генеративной активности; уменьшение коэффициента созревания и жизнеспособности семян; повышение уровня гетерофилии первого присоцветного листа; утончение слоя хлорофиллоносной паренхимы; увеличение склеренхимной обкладки в листовых пластинках розеточной формации; гиперфункция пыльников и недоразвитие пестичной

части цветка; частота тератологических преобразований в чашечке; трансформация архитектуры соцветий; увеличение степени дефектности и стерильности пыльцевых зерен; матрикальная и ценотическая гетерокарпия; гетероэмбриональные поверхностные цветовые различия; асимметричность семядольного аппарата; матрикальная гетероспермия.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Артюшенко, З.Т. Атлас по описательной морфологии высших растений: Плод / З.Т. Артюшенко, А.А. Федоров. – Л.: Наука, 1986. – 392 с.
2. Артюшенко, З.Т. Атлас по описательной морфологии высших растений: Семя / З.Т. Артюшенко. – Л.: Наука, 1990. – 204 с.
3. Барыкина, Р.П. Основы микроскопических исследований в ботанике / Р.П. Барыкина, Т.Д. Веселова, А.Г. Девятов. – М.: Изд-во Моск. гос. ун-та, 2000. – 128 с.
4. Батыгина, Т.Б. Эмбриология цветковых растений. Терминология и концепции / отв. ред. Т.Б. Батыгина. – Генеративные органы цветка. – Спб.: Мир и семья, 1994. – Т. 1. – 320 с.
5. Батыгина, Т.Б. Эмбриология цветковых растений. Терминология и концепции. / отв. ред. Т.Б. Батыгина. – Семя. – Спб.: Мир и семья, 1997. – Т. 2. – 823 с.
6. Батыгина, Т.Б. Эмбриология цветковых растений. Терминология и концепции / отв. ред. Т.Б. Батыгина. – Системы репродукции. – Спб.: Мир и семья, 2000. – Т. 3. – 640 с.
7. Бессонова, В.П. Состояние пыльцы как показатель загрязнения среды тяжелыми металлами / В.П. Бессонова // Экология. – 1992. - № 4. – С. 45-50.
8. Биоиндикация загрязнения наземных экосистем / Э. Вайнерт, Р. Вальтер, Т. Ветцель [и др.]; отв. ред. Р. Шуберт. – М.: Мир, 1998. – 350 с.
9. Визначник рослин України / А.Г. Барбарич, Є.М. Брадіна, О.Д. Вісюліна [та ін.]; за ред. А.Г. Барбарича. – К.: Урожай, 1965. – С. 876.
10. Викторов, С.В. Основы индикационной геоботаники / С.В. Викторов, Е.А. Востокова. – М.: Госгеолтехиздат., 1961. – 87 с.
11. Географічна енциклопедія України: В 3-х томах / «Українська радянська енциклопедія» ім. М.П. Бажана. – К.: изд-во 1990. – Т. 2. – С 356-358
12. Глухов, А.З. Растения в антропогенно трансформированой среде / А.З. Глухов, А.И. Хархота // Промышленная ботаника. – 2001. – № 1 – С.5-10.

13. Глухов, О.З. Фітоіндикація метало пресингу в антропогенно трансформованому середовищі / О.З. Глухов, А.І. Сафонов, Н.А. Хижняк. – Донецьк: Норд-прес, 2006. – 358 с.
14. Говорун, А.Г. Транспорт і навколишнє середовище / А.Г. Говорун, В.Ф. Скорченко, М.М. Худолій. – К.: Урожай, 1992. – 144 с.
15. Голицын, А.Н. Промышленная экология и мониторинг загрязнения природной среды / А.Н. Голицын - М.: ОНИКС, 2010. – 333 с.
16. Головкин, Б.Н. Декоративные растения СССР / Б.Н. Головкин, А.А. Китаева, Э.П. Немченко. – М.: Мысль, 1986. – 320 с.
17. Дідух, Я.П. Методологічні підходи до проблеми фітоіндикації екологічних факторів / Я.П. Дідух // Укр. ботан. журн. – 1990. – Т. 47, №6. – С. 5-12.
18. Дідух, Я.П. Фітоіндикація екологічних факторів / Я.П. Дідух, П.Г. Плюта: Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного. – К.: Наук. думка, 1994. – 280 с.
19. Доброхотов, В.Н. Семена сорных растений / В.Н. Доброхотов. – М.: Издательство сельхоз. лит-ры, 1961. – С. 124.
20. Золотой, А.Л. Морфопластичность *Reseda lutea* L. в различных промышленных экотопах / А.Л. Золотой, А.И. Сафонов // В кн.: Вестник СНО. Вып. 7. – Донецк: ДонНУ, 2015. – С 118-123.
21. Золотой, А.Л. Сафонов, А.И. Индикация состояния различных промышленных экотопов с использованием *Reseda lutea* L. // I Международная научная конференция «Донецкие чтения 2016. Образование, наука и вызовы современности» (Донецк, 16-18 мая 2016 г.). – Ростов-на-Дону: Издательство Южного федерального университета, 2016. – Т. 1. – С. 278-280.
22. Золотой, А.Л., Сафонов, А.И. *Reseda lutea* L. как индикатор состояния различных промышленных экотопов. // IX Международная научная конференция «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов» (Донецк, 15-16 апреля 2015 г.). – Донецк: ДонНТУ, ДонНУ, 2015. – С. 302-304.

23. Капранов, С.В. Автотранспорт, воздух и здоровье / С.В. Капранов. – Луганск: Изд-во Восточноукр. гос. ун-та, 1998. – 196 с.
24. Комарницкий, Н.А. Ботаника. Систематика растений / Н.А. Комарницкий, Л.В. Кудряшов, А.А. Уранов. – М.: Просвещение, 1975. – 608 с.
25. Коршиков, И.И. Адаптация растений к условиям техногенно загрязненной среды / И.И. Коршиков. – К.: Наук. думка, 1996. – 238 с.
26. Коршиков, И.И. Взаимодействие растений с техногенно загрязненной средой / И.И. Коршиков, В.С. Котов, И.П. Михеенко. – К.: Наук. думка, 1995. – 191 с.
27. Коршиков, И.И. Использование растений в индикации техногенного загрязнения окружающей среды / И.И. Коршиков // 36. доп. наук.-практ. конф. Охорона довкілля та екологічна безпека (Донецьк, 21-22 листопада 2001 р.). – Донецьк, 2001. – Т. 2. – С. 44-46.
28. Мاستицкий, С. Э. Методическое пособие по использованию программы STATISTICA при обработке данных биологических исследований / С. Э. Мастецкий. – Минск: РУП "Институт рыбного хозяйства", 2009. – 79 с.
29. Меллер, Ф. Экспрессный метод для определения транслокационного показателя вредности при гигиеническом нормировании тяжелых металлов в почве // Гигиена и санитария. – 1983. – № 2. – С.56-58.
30. Мелехова, О.П. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование / О.П. Мелехова – М.: Академия, 2010. – 288 с.
31. Мікуліч Л.О., Сафонов А.И. Ембріональний аспект фітоіндикації промислового середовища на прикладі *Reseda lutea*. // VII Міжнародна наукова конференція «Охорона навколишнього середовища та раціональне використання природних ресурсів» (Донецьк, 15-17 квітня 2001 р.). – Донецьк: ДонНТУ, ДонНУ, 2008. – Т. 1. – С 120-121.
32. Миркин, Б.М., Наумова Л.Г. Краткий курс общей экологии / Б.М. Миркин, Л.Г. Наумова. – Уфа: БГПУ, 2011. – Ч. 1 – 206с.

33. Миркин, Б.М Современная наука о растительности / Б.М. Миркин, Л.Г. Наумова, А.И. Соломец. – М.: Логос, 2001. – С. 71-74.
34. Мэннинг, У.Д. Биомониторинг загрязнения атмосферы с помощью растений / У.Д. Мэннинг, У.А. Федер. – Л.: Гидрометеоиздат, 1985. – 143 с.
35. Паушева, З.П. практикум по цитологии растений / З.П. Паушева. – М.: Колос, 1988. – 304 с.
36. Плюта, П. Г. Аналіз екологічних амплітуд видів флори України / П.Г. Плюта // Україн. ботан. журн. – 1991. – № 6. – С. 653-657.
37. Раменский, Л.Г. Экологическая оценка кормовых угодий по растительному покрову / Л.Г. Раменский, И.А. Цаценкин, О.Н. Чижиков, Н.А. Антипов. – М.: Сельхозгиз., 1956. – 472 с.
38. Сафонов, А.И. Гетерокарпія та гетероспермія фітоіндикаторів металопресингу / А.И. Сафонов // Збірник наукових праць Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України. – К.: «УБ», 2007. – № 3. – С.45-57.
39. Сафонов, А.И. Индикационная ботаническая экспертиза – основа экологического мониторинга в промышленном регионе / А.И. Сафонов // Проблемы екології та охорони природи техногенного регіону. – Донецьк: ДонНУ, 2006. – С. 19-31.
40. Сафонов, А.И. Потенциализация *Reseda lutea* L. в качестве фитоиндикатора антропогенной нагрузки на среду / А.И. Сафонов, Л.О. Микулич // В кн.: Вісник Донецького національного університету, Сер. А: Природничі науки, вип. 2. – Донецьк: ДонНУ, 2008. – С. 329-333
41. Сафонов, А.І. Моніторинг довкілля / А.І. Сафонов – Донецьк: ДонНУ, 2014. – С. 3-36.
42. Сафонов, А.І. Навчально-методичний посібник із спецкурсу «Фітоіндикація промислового регіону» / А.І. Сафонов. – Донецьк: ДонНУ, 2009. – 176 с.
43. Сафонов, А.И. Реализация стратегии выживания биоиндикаторов в техногенной среде / А.И. Сафонов // Мат-лы всеукраин. науч. конф.

«Мониторинг природных и техногенных сред» (Симферополь 24-25 апреля 2008 г.). – Симферополь: Ди Ай Пи, 2008. – С. 203-207.

44. Сенников, А.Н., Илларионова, И.Д. Морфологическое и анатомическое строение семян некоторых видов рода *Prenanthes* s.l. (*Asteraceae*) // Ботан. журн. – 2001. – Т. 86, № 10. – С. 56-66.

45. Смик, Г.К. Корисні та рідкісні рослини України: словник-довідник народних назв / Г.К. Смик. – К.: Українська Радянська енциклопедія ім. М.П. Бажана. – К.: издат., 1991 – 336 с.

46. Солуха, Б.В. Міська екологія: навч. посіб. для студ. вузів / Б.В. Солуха, Г.Б. Фукс. – К.: КНУБА, 2004. – 338 с.

47. Стёпкин, В.П. Решение водного вопроса. Иллюстрированная история Юзовки-Сталино-Донецка / В.П. Степкин. – Донецк: Апекс, 2007. – 60 с.

48. Тахтаджян, А.Л. Система магнолиофитов / А.Л. Тахтаджян. – Л.: Наука, 1987. – С. 123-125.

49. Тератогенез на юго-востоке Украины / А.З. Глухов, А.И. Хархота, А.С. Назаренко, А.Ф. Лиханов. – Донецк: Норд-пресс, 2005. – 179 с.

50. Фітооптимізація техногенних ландшафтів / С.П. Швіндлерман, Д.Я. Зацепіна, С.М. Голубніча. – Донецьк: Юго-восток, 1999. – С. 23-26.

51. Хржановский, В.Г. Ботаника / В.Г. Хржановский, С.Ф. Пономаренко. – М.: Агропромиздат, 1988. – 133 с.

52. Цыганов, Д.Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов / Д.Н. Цыганов. – М.: Наука, 1983. – 196 с.

53. Ellenberg, H. Zeigerwerte der Gefasspflanzen Mitteleuropas / H. Ellenberg. – Gottingen: Goltze, 1974. – 97 s.

54. Landolt, E. Okologische Zeigerwerte zur Schweizer Flora / E. Landolt. – Veroff. Geobot. Inst. ETH. Zurich, 1977. – 208 s.

Люблю книги
ljubljuknigi.ru



yes
I want more books!

Покупайте Ваши книги быстро и без посредников он-лайн - в одном из самых быстрорастущих книжных он-лайн магазинов!
Мы используем экологически безопасную технологию "Печать-на-Заказ".

Покупайте Ваши книги на
www.ljubljuknigi.ru

Buy your books fast and straightforward online - at one of the world's fastest growing online book stores! Environmentally sound due to Print-on-Demand technologies.

Buy your books online at
www.ljubljuknigi.ru

OmniScriptum Marketing DEU GmbH
Heinrich-Böcking-Str. 6-8
D - 66121 Saarbrücken
Telefax: +49 681 93 81 567-9

info@omniscrptum.com
www.omniscrptum.com

OMNIScriptum



