

# Воздействие микропластика на прорастание семян редиса в лабораторных условиях

*Пример оформления исследования по модели IMRAD для учебных и методических целей*

Макет статьи. Поле авторов, аффилиации и сведений о финансировании заполняется отдельно

Материал ниже является демонстрационным образцом статьи. Он показывает, как практически организовать разделы Introduction, Methods, Results, Discussion и Conclusion в одном связном тексте.

<b>Тип материала</b>	Экспериментальная статья
<b>Область</b>	Экология, биология, оценка антропогенного воздействия
<b>Объект</b>	Семена редиса и водная среда с различной концентрацией микропластика
<b>Назначение</b>	Показать логику IMRAD на естественнонаучном примере

## Abstract - Аннотация

Рост загрязнения окружающей среды микропластиком требует простых лабораторных моделей, позволяющих оценивать возможное биологическое воздействие частиц на ранние стадии развития растений. В статье представлен учебный эксперимент, в котором изучалось влияние водных суспензий микропластика различной концентрации на скорость прорастания семян редиса и длину первичного корня.

В исследовании использовались три режима: контроль без добавления частиц, низкая концентрация и повышенная концентрация. Было установлено, что при росте концентрации снижается доля проросших семян, а также уменьшается средняя длина корня на пятые сутки наблюдения. Материал может служить примером небольшой лабораторной статьи с четко выраженной структурой IMRAD.

**Ключевые слова:** *IMRAD, микропластик, экология, лабораторный эксперимент, редис, прорастание семян*

## Introduction - Введение

Микропластик рассматривается как один из наиболее устойчивых и трудноудаляемых загрязнителей современной среды. Его частицы обнаруживаются в почве, поверхностных водах, донных отложениях и живых организмах. При этом на уровне учебных лабораторий

особенно важны простые и воспроизводимые модели, позволяющие продемонстрировать биологический эффект без сложного оборудования.

Семена быстрорастущих культур удобны для оценки токсического и стрессового воздействия, поскольку ранние стадии развития хорошо поддаются количественной фиксации. Показатели прорастания, длины корня и визуального состояния проростков позволяют уже в течение нескольких суток получить данные, пригодные для сравнения между экспериментальными вариантами.

Цель работы - оценить, изменяются ли показатели прорастания семян редиса при контакте с суспензиями микропластика различной концентрации. Гипотеза состояла в том, что повышение концентрации частиц будет сопровождаться уменьшением доли проросших семян и замедлением роста корня.

#### **Исследовательские задачи:**

- оценить различия между вариантами наблюдения или обучения;
- зафиксировать количественные показатели, пригодные для сравнения;
- сформулировать практический вывод, который можно использовать в учебной или прикладной работе.

#### **Methods - Материалы и методы**

Эксперимент проводился в течение пяти суток при комнатной температуре 22-23 градуса. Для исследования использовали 90 семян редиса, разделенных на три равные группы по 30 штук: контроль, вариант с низкой концентрацией и вариант с высокой концентрацией микропластика. Семена размещали на фильтровальной бумаге в чашках Петри, увлажненных одинаковым объемом раствора.

В качестве модельного загрязнителя применяли водную суспензию измельченных полимерных частиц. Для низкой концентрации использовали 0,5 г/л, для высокой - 2,0 г/л. Состояние чашек оценивали ежедневно в одно и то же время. Фиксировались доля проросших семян, средняя длина корня и наличие визуальных признаков угнетения, включая потемнение тканей и неравномерность роста.

Для снижения ошибки измерений каждая длина корня определялась по трем случайно выбранным проросткам в каждой чашке, после чего рассчитывалось среднее значение. Итоговые показатели заносились в сводную таблицу и сопоставлялись между вариантами.

**Таблица 1 - Показатели прорастания и начального роста на пятые сутки**

<b>Параметр</b>	<b>Контроль</b>	<b>0,5 г/л</b>	<b>2,0 г/л</b>
Проросло семян, из 30	27	24	19
Прорастание, %	90	80	63
Средняя длина корня, мм	34	28	19
Проростки с визуальными нарушениями, %	7	17	33

## **Results - Результаты**

Контрольный вариант продемонстрировал наилучшие показатели по обоим основным критериям: доле проросших семян и средней длине корня. Уже на третьи сутки наблюдения было заметно, что в условиях повышенной концентрации всходы появляются медленнее, а отдельные проростки имеют укороченный корень и менее равномерную окраску.

При низкой концентрации отрицательный эффект также наблюдался, но был выражен слабее. Это позволяет предположить наличие дозозависимой реакции. Чем выше содержание частиц в среде, тем заметнее угнетение раннего роста. Хотя исследование носило учебный характер, тенденция оказалась достаточно устойчивой и визуально очевидной.

Дополнительное наблюдение показало, что в варианте с 2,0 г/л фильтровальная бумага быстрее загрязнялась взвесью частиц, а сами проростки выглядели более неоднородными. Это может указывать как на механическое влияние частиц, так и на изменение доступности влаги в зоне прорастания.

## **Discussion - Обсуждение**

Полученные данные позволяют сделать осторожный вывод о том, что микропластик даже в простой лабораторной модели способен снижать показатели начального развития растений. Наиболее чувствительным индикатором оказалась длина корня, поскольку она быстрее реагировала на изменение условий, чем сам факт прорастания.

С методической точки зрения исследование ценно тем, что демонстрирует полный цикл небольшого эксперимента: постановку гипотезы, контроль условий, выбор измеряемых параметров и интерпретацию результатов. Такая логика хорошо подходит для обучения написанию разделов Methods и Results, где требуется сочетать конкретику процедуры и количественные данные.

Работа имеет ограничения. Использовалась одна культура, короткий срок наблюдения и модельная суспензия без разделения частиц по размеру и составу. Для более строгих выводов необходимы повторные серии, расширение набора растений и химический контроль среды. Тем не менее учебная модель позволяет наглядно показать, как формируется экологическая статья в формате IMRAD.

### **Conclusion - Заключение**

- Повышение концентрации микропластика сопровождалось уменьшением доли проросших семян редиса и сокращением длины первичного корня.
- Наиболее выраженный отрицательный эффект наблюдался в варианте с высокой концентрацией частиц, что соответствует предположению о дозозависимой реакции.
- Статья может использоваться как готовый образец небольшого естественнонаучного исследования, оформленного по логике IMRAD.

### **References - Список литературы**

1. ГОСТ 7.32-2017. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления.
2. ГОСТ Р 7.0.100-2018. Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления.
3. Wang J., Liu X., Li Y. Microplastics in soils: sources, fate and effects. *Environmental Science and Technology*.
4. Aina D., Quesada A. Seed germination as a bioindicator in laboratory ecotoxicology.
5. Day R. A., Gastel B. *How to Write and Publish a Scientific Paper*. Cambridge: Cambridge University Press.