

## ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА КАЧЕСТВО СЕМЯН *PLANTAGO MAJOR L.*, *PLANTAGO MEDIA L.*

Попова Е.И.

ФГБУН «Тобольская комплексная научная станция» УрО РАН,  
Тобольск, e-mail: popova-3456@mail.ru

Растения очень четко реагируют на состояние природной среды. Семена являются чувствительными к действию загрязнителей, как, впрочем, и многих других факторов. Определение влияния антропогенных факторов на рост и развитие растений *Plantago major L.*, *Plantago media L.*, позволило моделировать ситуации в природных условиях. Использование подорожников в качестве модельных объектов связано, прежде всего, с их широким распространением, формовым разнообразием и легкостью культивирования, что способствует их использованию в разных биологических экспериментах и полевых исследованиях. Сравнительные исследования изменений, происходящих в популяциях организмов из экосистем, в разной степени подверженных антропогенному воздействию, перспективны в теоретическом и прикладном аспектах: с одной стороны, регистрируемые особенности организмов могут быть использованы для биоиндикации и мониторинга экосистем, с другой – для изучения микроэволюционных процессов в условиях техногенеза.

**Ключевые слова:** *Plantago major L.*, *Plantago media L.*, биоиндикация, мониторинг, антропогенные факторы, ценопопуляции, энергия прорастания, лабораторная всхожесть

## INFLUENCE OF ANTHROPOGENIC PRESSURES ON THE QUALITY SEEDS *PLANTAGO MAJOR L.*, *PLANTAGO MEDIA L.*

Popova E.I.

Federal State Institution of Science Tobolsk Complex Scientific Station UD RAS,  
Tobolsk, e-mail: popova-3456@mail.ru

Plants are very clearly react to the natural environment. Seeds are sensitive to pollution, as in other matters, and many other factors. Determination of the influence of anthropogenic factors on the growth and development of plants *Plantago major L.*, *Plantago media L.*, allowing to model the situation in the field conditions. Using plantains as model objects associated primarily with their wide distribution, form diversity and ease of culture, which promotes their use in different biological experiments and field studies. Comparative studies of changes in populations of organisms, ecosystems, subject to varying degrees of anthropogenic impact, promising in theoretical and applied aspects: on one side, the registered features of organisms can be used for biological indication and monitoring of ecosystems, on the other – for the study of micro-evolutionary processes in the conditions technogenesis.

**Keywords:** *Plantago major L.*, *Plantago media L.*, bioindication, monitoring, anthropogenic factors, cenopopulation, vigor, laboratory germination

Усиление антропогенного пресса привело к необходимости разработки методов, позволяющих вовремя обнаруживать антропогенно обусловленную деградацию природных экосистем, устанавливать долгосрочные тенденции и буферную способность биологических систем в отношении разнообразных и большей частью одновременно действующих нарушающих факторов. Активное использование биологических методов диагностики антропогенных нарушений в настоящее время связано, прежде всего, с быстрой реакцией растительности на любые отклонения в окружающей среде от нормы.

Из растительных объектов удобно использовать ценопопуляции *P. major L.* и *P. media L.* Эти виды характеризуются широтой географического распространения, преимущественно семенным размножением. Виды рода *Plantago* – наиболее характерные представители урбанофлоры и синантропной растительности, достаточно широко распространены и играют

специфическую роль в рудеральных растительных сообществах. В частности, для выявления общих закономерностей устойчивости к экстремальным температурам, радиации и загрязнению, биологии опыления, взаимоотношений в сообществах, генетического полиморфизма и т.д. [2, 5].

**Цель исследования:** исследование экологии прорастания семян *P. major L.* и *P. media L.* при различных антропогенных нагрузках.

### Материал и методы исследования

Семена *Plantago major L.* и *Plantago media L.* были собраны и сохранялись в бумажных пакетах. Специальной обработки (стратификация, скарификация и др.) не проводилось, хотя по некоторым данным скарификация повышает всхожесть *Plantago major L.* [4]. Опыты проводились по обычной методике [3, 1]. Отобранные для опыта в нужном количестве (обычно по 50 и 100 шт. в каждой повторности) семена размещались равномерно в чашки Петри на бумажные фильтры, намоченные дистиллированной водой. Проращивание проводилось при температуре 18–20°C. Каждый вариант каждой серии проводился

в трёхкратной повторности с последующей статистической обработкой. При прорастивании наблюдалась энергия прорастания и лабораторная всхожесть семян. Проводился учет аномальных проростков, при этом подсчитывались проросшие и ненормально проросшие семена [1]. Ненормально проросшие семена: уродливые корешки или ростки; при наличии ростка отсутствие корешков; корешки со вздутиями и ко времени подсчета всхожести не развившие дополнительные корешков; проростки, корешки или ростки семян, имеющие трещины и перехваты, достигающие проводящих тканей; проростки семян, имеющие ненормально увеличенные семядоли и укороченные корешки.

### Результаты исследований и их обсуждение

В шести районах города Тобольска с учетом близости удаленности от центра города основных промышленных объектов и автомагистралей, были подобраны по одному типичному для района города участку с различной степенью антропогенной нагрузки от малозначимой (контроль – участок № 3) до сильной (участок № 1). Участки, в разной степени подверженные техногенному загрязнению, располагаются на значительном удалении друг от друга.

Ценопопуляция № 1 (модельный участок № 1) – восточная часть города, прилегающая к промышленной зоне Тобольского нефтехимического комбината. Представляет собой подорожниковый суходольный луг на пустыре, располагающемся на склоне северной экспозиции, примыкающем к автодороге с активным движением. Почва дерново-подзолистая. Отмечается высокая техногенная нагрузка. Интенсивность движения автотранспорта 351 а/ч. Высота травостоя – 5–10 см. Моховой покров отсутствует. Аспект желтовато-зеленый, обусловленный вегетирующими видами злакового разнотравья и незначительным обилием цветущего *Taraxacum officinale* L. agg. Злаки данного участка представлены *Poa pratensis* L., *Poa annua* L., *Elytrigia repens* (L.) Nevsci и *Festuca pratensis* Huds. Осоки отсутствуют, из бобовых отмечено произрастание *Trifolium repens* L.. Присутствие *Plantago major* L., *Polygonum aviculare* L., *Elytrigia repens* (L.) Nevsci свидетельствует о значительном антропогенном воздействии, т.к. данные виды являются синантропами.

Ценопопуляция № 2 (модельный участок № 2). Обочина автодороги, прилегающая к промышленной зоне Тобольского гормолзавода. С двух сторон окружена АЗС, лугово-подорожниковое сообщество. Почва дерново-подзолистая. Техногенная нагрузка средняя. Интенсивность движения автотранспорта 68 а/ч. Высота травостоя –

10–20 см. Моховой покров отсутствует. Аспект сообщества желтовато-беловато-зеленый – это обусловлено цветением *Capsella bursa-pastoris* L. и *Erysimum cheiranthoides* L. Злаки представлены *Poa pratensis* L., *Poa annua* L., *Festuca pratensis* Huds., *Agrostis tenuis* Sibth.. Произрастание осок не отмечено. Бобовые включают *Trifolium repens* L. В составе разнотравья отмечены: *Elytrigia repens* (L.) Nevsci, *Capsella bursa-pastoris* L., *Achillea millefolium* L., *Erysimum cheiranthoides* L., *Polygonum aviculare* L., *Plantago major* L., *Plantago media* L.

Ценопопуляция № 3 (модельный участок № 3). Расположена на опушке смешанного леса около д. Винокурово. Растительность – лугово-подорожниковое сообщество. Почва дерново-подзолистая, высота травостоя – 10–35 см. Моховой покров отсутствует. Аспект сообщества зеленовато-бледно-розовый – это обусловлено цветением *Plantago media* L. и обилием вегетирующих злаков и разнотравья. Злаки представлены *Poa pratensis* L., *Festuca pratensis* Huds. Произрастание осок не отмечено. Бобовые включают *Trifolium repens* L., *Melilotus albus* L. и *Trifolium pratense* L. Данный участок отличается от всех наблюдаемых нами обилием разнотравья. Данный участок отличается меньшей степенью антропогенной нагрузки, хотя здесь и присутствуют многие синантропные виды, но их роль по сравнению с аборигенной (коренной) растительностью снижена.

Ценопопуляция № 4 (модельный участок № 4). Это северная часть города, пустырь, примыкающий к промышленной зоне ТЗЖБИ (Тобольский завод железобетонных изделий), подорожниковый суходольный луг. Почва дерново-подзолистая. Средняя техногенная нагрузка. Интенсивность движения автотранспорта 55 а/ч. Высота травостоя – 5–12 см. Моховой покров отсутствует. Аспект сообщества розовато-беловато-зеленый – это обусловлено цветением *Trifolium pratense* L. и *Plantago media* L., а также обилием вегетирующих злаков. Злаки представлены *Poa pratensis* L., *Festuca pratensis* Huds. Произрастание осок не отмечено.

Ценопопуляция № 5 (модельный участок № 5). Обочина автодороги. Южная часть города, прилегающая к Никольскому взвозу. Характеризуется близостью крупных автодорог с активным движением. Растительность – лугово-подорожниковое сообщество. Почва дерново-подзолистая. Высокая техногенная нагрузка. Интенсивность движения автотранспорта 122 а/ч. Высота травостоя 3–14 см. Моховой

покров отсутствует. Аспект сообщества розовато-красновато-зеленый – это связано с цветением *Polygonum aviculare* L. с его красновато-зелеными стелющимися побегами и *Plantago media* L., а также обилием вегетирующих злаков. Злаки представлены *Poa pratensis* L.. Этот участок отличается от остальных бедностью злаков. Произрастание осок не отмечено. Бобовые представлены *Trifolium repens* L. и *Trifolium pratense* L. *Trifolium pratense* L. В составе разнотравья отмечены: *Sonchus arvensis* L., *Capsella bursa-pastoris* L., *Achillea millefolium* L., *Erysimum cheiranthoides* L., *Polygonum aviculare* L., *Plantago major* L., *Plantago media* L.. Ярусность выражена нечетко.

Ценопопуляция № 6 (модельный участок № 6). 9-й жилой микрорайон с плотной городской застройкой в северной части города. Подорожниковое сообщество на суходольном пустыре, прилегающем к придорожному газону. Почва дерново-подзолистая. Средняя техногенная нагрузка. Интенсивность движения автотранспорта 53 а/ч. Высота травостоя – 5–15 см. Моховой покров отсутствует. Аспект сообщества розовато-беловато-зеленый – это обусловлено цветением *Plantago media* L. и растущими побегами *Elytrigia repens* (L.) *Nevsci*, *Plantago major* L., а также обилием вегетирующих злаков. Злаки представлены *Poa annua* L. Произрастание осок не отмечено. Бобовые включают *Trifolium pratense* L., но произрастает он мозаично, поэтому на нескольких пробных площадках он не отмечен.

На всех наблюдаемых участках подорожник большой (*Plantago major* L.) и подорожник средний (*Plantago media* L.) проходят жизненный цикл, обсеменяются и формируют все возрастные группы. Все ценопопуляции произрастали на открытых участках, не подвергались механическому воздействию (вытаптыванию, скашиванию).

Необходимость определения содержания тяжелых металлов в почве имеет особое значение. В качестве индикации техногенного воздействия на объекты исследования нами выбран подход, основанный на сравнении концентрации тяжелых металлов в почвах. В почвах наблюдаемых модельных участков, в большей степени подверженных техногенным воздействиям, тяжелые металлы варьировали в пределах: цинк от 3,09 до 80,106; медь от 0,28 до 1,50; свинец от 1,20 до 7,10; нефтепродукты от 84,21 до 410,60. Содержание нефтепродуктов в почве контрольного модельного участка равно  $33,40 \pm 1,70$  мг/кг. Это в 6 раз меньше, чем на модельных участках № 1, 2, 4, в 2,9 раз меньше, чем на модель-

ных участках № 5 и 6. Наибольшее содержание цинка отмечено в почве модельного участка № 1 ( $80,10 \pm 6,02$  мг/кг) и модельного участка № 2 ( $75,69 \pm 5,85$  мг/кг). Эти показатели превышали ПДК в два раза. Содержание меди в почве модельного участка № 1 –  $1,50 \pm 0,21$  мг/кг. Это самый высокий показатель содержания меди в почве среди всех модельных участков. Самыми загрязненными, по свинцу, были модельные участки № 1, 2 и 4. Содержание свинца в почве этих модельных участков превышает ПДК в 2; 1,8 и 1,4 раза соответственно. По всем показателям модельные участки № 1, 2 и 4 по сравнению с остальными являются самыми неблагоприятными.

В лабораторных условиях определялась энергия прорастания и лабораторная всхожесть семян *P. major* L. и *P. media* L. Одновременно подсчитывались аномально проросшие семена. Семена *P. major* L. и *P. media* L., собранные с растений загрязненных участков, характеризовались пониженными биологическими свойствами, что нашло отражение в показателях энергии прорастания, лабораторной всхожести и возрастании количества семян с аномальными проростками (табл. 1).

Так, энергия прорастания на участках с наибольшей антропогенной нагрузкой почти в два раза меньше, чем в контроле, как у *P. major* L., так и у *P. media* L. Лабораторная всхожесть на наиболее загрязненных участках варьировала от 56 до 70% (*P. major* L.) в сравнении с контролем 76% ( $n = 100$ ), соответственно от 80 до 84% (87% – контроль) *P. media* L. Также отмечена высокая доля аномальных проростков с наиболее загрязненных участков у *P. media* L. (53–56%, контроль 34%), *P. major* L. (35–48%, контроль 35%).

При подсчете ненормально проросших семян выявились следующие категории:

- а) с уродливыми корешками и ростками;
- б) проростки семян имели укороченные корешки.

В большей степени процент аномально проросших семян наблюдается у *P. media* L. (табл. 2).

Результаты наблюдений показывают, что без предварительной обработки или какого-либо дополнительного воздействия семена разных видов подорожников при достаточной высокой постоянной температуре и влажности при ежедневном освещении в течение 3–5 минут прорастали с разной интенсивностью.

Семена *Plantago media* L. в отличие от *Plantago major* L. прорастали дружно и достаточно быстро, демонстрируя и общую достаточно высокую всхожесть.

Таблица 1

Биологические свойства семян *P. major* L., %

Модельные участки	Энергия прорастания, $X \pm m_x$	Лабораторная всхожесть, $X \pm m_x$	Аномально проросшие семена, $X \pm m_x$
	<i>n</i> = 50		
1	2	3	4
ТНХК (№ 1)	16,77 ± 1,45	39,00 ± 0,58	22,67 ± 1,45*
ТГМЗ (№ 2)	10,00 ± 1,15*	36,00 ± 1,15*	18,33 ± 1,45*
Контроль (№ 3)	18,00 ± 0,58	41,00 ± 0,57	11,66 ± 0,88
ТЗЖБИ (№ 4)	18,00 ± 1,15	38,66 ± 0,88*	22,00 ± 0,58*
Никольский взвоз (№ 4)	17,33 ± 0,88	39,68 ± 0,33	21,66 ± 0,88*
9 микрорайон (№ 5)	17,00 ± 0,58	39,33 ± 0,88	21,00 ± 1,15*
	<i>n</i> = 100		
ТНХК (№ 1)	28,00 ± 1,53*	67,66 ± 0,88*	48,33 ± 1,45*
ТГМЗ (№ 2)	20,68 ± 0,88*	70,33 ± 0,33	35,00 ± 1,15*
Контроль (№ 3)	38,00 ± 1,15	76,00 ± 0,58	20,33 ± 0,88
ТЗЖБИ (№ 4)	17,00 ± 0,58*	55,67 ± 0,33*	45,33 ± 1,45*
Никольский взвоз (№ 5)	18,33 ± 0,88*	66,00 ± 1,15*	40,33 ± 0,88*
9 микрорайон (№ 6)	28,00 ± 1,15*	65,00 ± 0,58*	35,00 ± 1,15*

Пр и м е ч а н и е . \* – различия с контролем достоверны на уровне  $P < 0,05$ .

Таблица 2

Биологические свойства семян *P. media* L., %

Модельные участки	Энергия прорастания, $X \pm m_x$	Лабораторная всхо- жесть, $X \pm m_x$	Аномально проросшие семена, $X \pm m_x$
	<i>n</i> = 50		
ТНХК (№ 1)	13,00 ± 0,57	45,67 ± 1,20	28,66 ± 0,88*
ТГМЗ (№ 2)	17,00 ± 0,40*	46,33 ± 1,45	28,00 ± 0,58*
Контроль (№ 3)	13,00 ± 0,51	46,15 ± 0,59	19,67 ± 1,20
ТЗЖБИ (№ 4)	17,33 ± 0,88*	45,00 ± 1,15	28,00 ± 0,57*
Никольский взвоз (№ 4)	19,00 ± 0,78*	46,00 ± 1,52	26,67 ± 1,20*
9 микрорайон (№ 5)	15,66 ± 0,20	44,66 ± 1,20	26,00 ± 0,58*
	<i>n</i> = 100		
ТНХК (№ 1)	35,00 ± 0,57	80,00 ± 0,57*	55,67 ± 1,45*
ТГМЗ (№ 2)	35,00 ± 0,57	86,33 ± 0,88	52,59 ± 1,20*
Контроль (№ 3)	39,00 ± 1,50	86,67 ± 0,98	34,00 ± 1,15
ТЗЖБИ (№ 4)	35,66 ± 1,76	84,00 ± 1,15	52,33 ± 1,45*
Никольский взвоз (№ 4)	37,11 ± 1,16	80,00 ± 1,15*	50,67 ± 1,47*
9 микрорайон (№ 5)	37,78 ± 0,91	90,00 ± 0,57*	50,33 ± 1,45*

Пр и м е ч а н и е . \* – различия с контролем достоверны на уровне  $P < 0,05$ .

Результаты опытов показали, что в лабораторных условиях можно оценить норму реакции меняющихся условий среды на самых первых этапах онтогенеза. Исследуемые показатели *P. media* L. при этом более информативны, чем у *P. major* L.

Преимущественное значение в природе имеет семенное воспроизведение. Исходя из характера постановки опыта, можем говорить в данном случае о некотором имити-

ровании отдельных экологических условий, которые могли бы действовать на семена в естественном сообществе. Таким образом, лабораторные опыты играют роль необходимой модели для понимания процессов, происходящих в природных условиях.

**Выводы**

1. На основании результатов анализа почвы исследованные модельные участки

г. Тобольска выстраиваются в следующий ряд по мере усиления антропогенных нагрузок, в том числе по содержанию тяжелых металлов: контрольный модельный участок → 9 микрорайон → Никольский взвоз → ТЖЗБИ → ТГМЗ → ТНХК. В согласии с этим в названном ряду участков закономерно повышается содержание тяжелых металлов (Cu, Zn, Pb) в растениях *P. major* L. и *P. media* L.

2. Семена *P. major* L. и *P. media* L., собранные с растений на загрязненных участках, характеризовались пониженными биологическими свойствами, что нашло отражение в показателях энергии прорастания, лабораторной всхожести и возрастании количества семян с аномальными проростками. Таким образом, норму реакции на антропогенную нагрузку на самых первых этапах онтогенеза можно оценить в лабораторных условиях.

#### Список литературы

1. Веллингтон П. Методика оценки проростков семян. – М.: Колос, 1973. – 175 с. ГОСТ 12038-66, 1973.
2. Жукова Л.А. Морфологические и физиологические особенности онтогенеза в посевах разной плотности / Л.А. Жукова, О.Л. Воскресенская, Н.П. Грошева // Экология. – 1996. – № 2. – С. 104–110.
3. Котт С.А. Методика определения всхожести семян сорных растений. – М.: Сельхозиздат, 1937. – 116 с.

4. Николаева М.Г. Справочник по проращиванию покоящихся семян / М.Г. Николаева, М.В. Разумова, В.Н. Гладкова. – Л.: Наука, 1985. – 347 с.

5. Уранов А.А. Классификация и основные черты развития популяций многолетних растений / А.А. Уранов, О.В. Смирнова // бюлл. МОИП. Отд. Биол. – 1969. – Т. 74, Вып. 1. – С. 110–134.

#### References

1. Vellington P. Metodika otsenki prorstkov semyan [Methods of assessing seedlings]. Moscow: Kolos, 1973. 175 p. GOST 12038-66, 1973.
2. Zhukova L.A. Morfologicheskie i fiziologicheskie osobennosti ontogeneza v posevakh raznoj plotnosti – *Ekologiya*, 1996. no. 2. pp. 104–110.
3. Kott S.A. Metodika opredeleniya vskhozhesti semyan sornykh rastenij [Method of determining the germination of weeds]. Moscow: Selkhozizdat, 1937. 116 p.
4. Nikolaeva M.G. Spravochnik po prorashhivaniyu pokoyashhikh semyan [Handbook of germination of dormant seeds]. Leningrad: Nauka, 1985. 347 p.
5. Uranov A.A. Klassifikatsiya i osnovnye cherty razvitiya populyatsij mnogoletnikh rastenij, byull. MOIP. Otd. Biol., 1969. T.74, no. 1. pp. 110–134.

#### Рецензенты:

Харитонцев Б.С., д.б.н., профессор кафедры биологии и МПБ, ТГСПА им. Д.И. Менделеева, г. Тобольск;

Тестов Б.В., д.б.н., профессор, зав. лабораторией радиоэкологии, ТКНС УрО РАН, г. Тобольск.

Работа поступила в редакцию 23.09.2014.