

Муниципальное образование «Усть-Канский район»
Муниципальное бюджетное образовательное учреждение
«Тюдралинская средняя общеобразовательная школа»
Республика Алтай

«Номинация: ботаника и экология растений»

«Фенотипический полиморфизм клевера белого ползучего в
условиях с различной антропогенной нагрузкой в окрестностях
села Тюдрала»

Выполнила: Муйтуева Диана Зауровна,
обучающаяся 8 класс МБОУ «Тюдралинская
средняя общеобразовательная школа»

Руководитель: Сабаклова Маргарита Олеговна
учитель биологии, химии
МБОУ «Тюдралинская средняя
общеобразовательная школа»

Тюдрала, 2022

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1. Характеристика полиморфизма <i>Trifolium repens</i> (L.) как природного биоиндикатора антропогенной нагрузки.....	6
1.1. Морфологические и биологические особенности <i>Trifolium repens</i> (L.) клевера белого.....	6
1.2. Возможности использования клевера белого (<i>Trifolium repens</i> L.) для биоиндикации антропогенного нарушения среды.....	8
2. Фенотипический полиморфизм в популяциях <i>Trifolium repens</i> , произрастающих в условиях различной антропогенной нагрузки территорий в с.Тюдрала.....	12
2.1. Характеристика района исследования.....	12
2.2. Материалы и методы исследования.....	14
Заключение.....	21
Список литературы	23

ВВЕДЕНИЕ

Одним из перспективных направлений интегральной оценки качества окружающей среды является использование показателей состояния живых организмов, характеризующие стабильность их развития или отклонение от нормы. Такими показателями являются фенотипические изменения или полиморфизм у клевера белого (ползучего) (*Trifolium repens* L.), признанного наиболее информативным и повсеместно распространенным маркером.

Повсеместное присутствие популяций клевера белого, испытывающих в условиях урбоценозов рекреационное влияние, а также наличие стресс-реакций на изменяющиеся условия среды у этого растения определили его широкое применение в качестве фитоиндикатора состояния окружающей среды.

Актуальность исследования

Актуальность темы исследования обусловлена тем, что получение объективной картины экологического состояния конкретной локации в условиях комплексного воздействия природных и антропогенных факторов основывается на применении интегрированных методов, в число которых входит и метод биоиндикации. Традиционно применяемые физико-химические методы эффективно дополняются достаточно чувствительным и относительно доступным методом биоиндикации. В данной связи особую роль играет поиск повсеместно распространенных растений-природных биоиндикаторов, позволяющих достоверно оценивать экологическое состояние окружающей среды и степень воздействия на нее антропогенных факторов.

Объект исследования – *Trifolium repens* (L.) – клевер белый.

Предмет исследования – фенотипический полиморфизм по признаку «седого пятна» клевера белого как биоиндикатор антропогенной нагрузки.

Цель работы – изучение полиморфизма в популяциях белого ползучего клевера, произрастающего в условиях с различной антропогенной нагрузкой в окрестностях с. Тюдрала, как биоиндикатора антропогенной нагрузки на окружающую среду.

Для реализации поставленной цели были сформулированы следующие **задачи**:

- рассмотреть морфологические и биологические особенности *Trifolium repens* (L.) – Клевера белого;
- определить возможности использования клевера белого (*Trifolium repens* L.) для биоиндикации антропогенного нарушения среды;
- определить методика биоиндикации состояния окружающей среды по частотам встречаемости фенов белого клевера;

– выявить фенотипический полиморфизм в популяциях *Trifolium repens*, произрастающих в условиях различной антропогенной нагрузки территорий в с. Тюдрала.

Гипотеза исследования: наибольшее количество экземпляров с признаками фенотипического полиморфизма «седое пятно» будет встречаться в локациях с более высокой антропогенной нагрузкой.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЛИМОРФИЗМА *TRIFOLIUM REPENS* (L.) КАК ПРИРОДНОГО БИОИНДИКАТОРА АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ

1.1 Морфологические и биологические особенности *Trifolium repens* (L.) – Клевера белого



Рисунок 1 – *Trifolium repens* (L.) Клевер белый (ползучий) [20, с. 473]

Клевер белый (*Trifolium repens* L.) (рис. 1) – двулетнее или многолетнее травянистое перекрестноопыляемое (энтомофильное) растение семейства бобовых (*Leguminosae*), представлен диплоидными формами ($2n=14$) и экспериментально полученными тетраплоидами ($4n=28$) [20, с. 474].

Стебли куста клевера – это ветви укороченного главного стебля растения (оси первого порядка), из пазух листьев которого отходят боковые ветви (оси второго порядка) и т.д., тем самым создавая сложную архитектуру строения растения.

Стебли у белого клевера слабоопушенные. Имеются голые стебли и слегка опушенные вверху или по всей длине. Окраска стеблей варьирует от темно-красной (антоциановой) до зеленой. При созревании семян стебли имеют темно-бурый цвет. По положению в пространстве стебли бывают прямостоячими, восходящими и стелющимися, по форме – округлыми, иногда ребристыми [12, с. 29].

Листья клевера сложные, тройчатые, с беловатым пятном в виде треугольника, от яйцевидной до эллиптической формы, опушенные. Окраска изменяется от светло-зеленой до темно-зеленой. Прилистники пленчатые, с зелеными или фиолетовыми жилками [16, с. 73].

Цветки клевера мелкие, обоеполые, собраны в соцветие головка. Пятилепестной цветок состоит из верхнего лепестка – паруса, двух боковых лепестков - весел и двух нижних лепестков, образующих лодочку. Цветочные

головки шаровидной или широкоцилиндрической формы с длиной соцветия от 16 до 45 мм и шириной от 6 до 35 мм, окруженные прилистниками, состоящими из двух сидячих листочков. Количество соцветий на одном растении колеблется от 6 до 100, число цветков в одном соцветии – от 35 до 170 в зависимости от условий выращивания [12, с. 38].

Плод у клевера белого – боб, обычно односемянный, иногда двусемянный, яйцевидной формы. В зависимости от сортовых и погодных условий двусемянность варьирует от 0,4 до 20,5 % [6, с. 40].

Корневая система у растений клевера белого позднеспелого типа – стержневато-мочковатая, у раннеспелого – стержневая, с богато разветвленной системой боковых корней, на которых находятся клубеньки, способные усваивать азот прямо из воздуха, обогащая тем самым почву. На позднеспелом клевере клубеньков образуется больше, чем на раннеспелом и их максимальное количество достигается к началу цветения. Корни проникают на глубину до 2,0-2,5 м, распространяясь в стороны до 0,6 м. Основная масса корней находится в 10-20 см слое почвы (73-77 %) [20, с. 479].

По своим биологическим особенностям клевер белый является довольно пластичным растением. Под влиянием внешней среды и деятельности человека он способен изменять свои исходные качества и приспосабливаться к условию того или иного района возделывания.

Клевер белый хорошо растет, нормально развивается и дает высокий урожай сена и семян при достаточном количестве тепла, света, воды и питательных веществ. Все эти условия одинаково важны для роста и развития растений клевера.

Клевер белый требователен к воде, но избытка ее не переносит и при застое воды гибнет. Лучше всего он растет и развивается при влажности почвы около 70-80% от полной влагоемкости. Он требует большого количества влаги в почве уже в первый год жизни, когда находится под покровным растением. Если в этот период растения удовлетворены влагой, то клевер развивается хорошо и гибель всходов бывает небольшая. Потребность клевера во влаге в последующие годы растет с накоплением укосной массы, а после скашивания она увеличивается по мере отрастания.

Количество тепла, необходимое для нормального роста и развития растений, неодинаково у разных типов клевера. Клевер белый плохо переносит бедные, сильно кислые и засоленные почвы, поэтому на таких почвах травостой сильно изреживается. Клевер отзывчив на высокое содержание в почве фосфора, калия и кальция. Клевер белый, как бобовое растение, имеет фундаментальное значение для устойчивого развития полевого и лугопастбищного кормопроизводства, биологизации земледелия, повышения плодородия почв, заготовки различных видов кормов.

1.2 Возможности использования клевера белого (*Trifolium repens* L.) для биоиндикации антропогенного нарушения среды

По сложившемуся мнению современных экологов, клевер белый полностью соответствует большей части требований к идеальному биологическому индикатору. В частности, клевер белый отвечает следующим требованиям биоиндикатора: это типичное растение во флоре местообитаний, связанных с человеком, имеет высокую численность в исследуемых экотопах, обитает на одной территории многие годы, находится в условиях, удобных для отбора проб, в течение вегетативного сезона быстро проходит смену фенофаз [5, с. 69].

Клевер благополучно существует рядом с человеком даже на территориях, подвергшихся значительному антропогенному воздействию, что служит убедительным доказательством его более высокой устойчивости к различным неблагоприятным факторам по сравнению с другими типичными лесными или луговыми видами растений. Таким образом клевер белый – это признанный синантроп, т.е. растение, образ жизни которого связан с человеком, его жильем, а также с созданным или видоизмененным им ландшафтом.

Под воздействием антропогенных факторов в популяциях увеличивается частота встречаемости специфических фенотипов у различных видов растений и животных. В частности, форма «седого» рисунка на пластинках листа *Trifolium repens* и частота встречаемости листьев, имеющих рисунок, может использоваться как индикатор загрязнения среды. В представленном исследовании Т.А. Горшковой на участках под ЛЭП и в контроле среднее значение относительного количества листьев с «седым» рисунком не превышало 17 %, что считается нормой. На учетных территориях с автотранспортной нагрузкой в среднем почти половина куртин клевера имела «седой» рисунок на листьях. Это свидетельствует, по-видимому, о чувствительности данного признака к загрязнению, связанному с действием выхлопных газов и попаданию в почву продуктов сгорания автомобильного топлива. Относительно высокий средний процент листьев с «седым» рисунком (34 %) был рассчитан также для зоны вытаптывания.

Оценить состояние окружающей среды и уровень антропогенного воздействия можно с помощью фенотипических биоиндикаторов.

Фены – это четко различающиеся варианты какого-либо признака или свойства биологического вида.

Под воздействием антропогенных факторов в популяциях увеличивается частота встречаемости специфических фенотипов у различных видов растений и животных. Таким образом, частота встречаемости некоторых фенов является биологическим индикатором воздействия антропогенных факторов, в том числе загрязнения.

Как мы уже выяснили, практические исследования современных экологов [5, 10, 16] доказывают, что в качестве фенотипического биоиндикатора можно использовать широко распространенный белый клевер *Trifolium repens* (клевер ползучий). Форма седого рисунка на пластинках листа и частота встречаемости может использоваться как индикатор загрязнения среды.

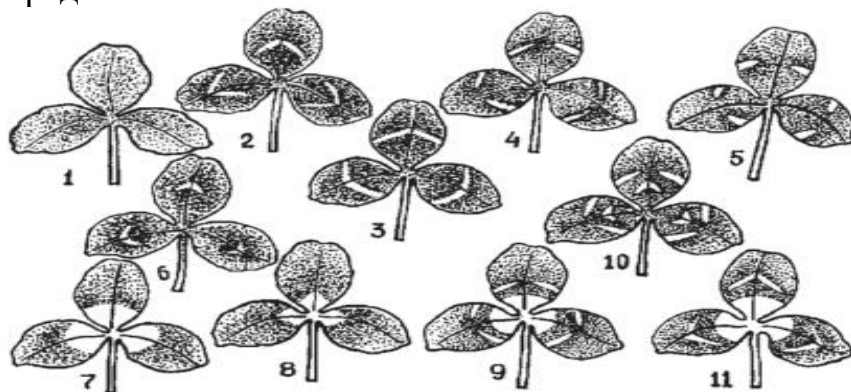


Рисунок 2 – Фенотипы клевера белого [1, с. 118]

Согласно методике Т.Я. Ашихминой[1] наблюдения осуществляются путем подсчета форм с различным рисунком и без него (рис. 2) и последующего расчета частоты их встречаемости в процентах. Диагностику желательно проводить на разных пробных площадках, различающихся антропогенной нагрузкой и положением в ландшафте.

2 ФЕНОТИПИЧЕСКИЙ ПОЛИМОРФИЗМ В ПОПУЛЯЦИЯХ *TRIFOLIUM REPENS*, ПРОИЗРАСТАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ РАЗЛИЧНОЙ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ ТЕРРИТОРИЙ В С. Тюдрала

2.1 Характеристика района исследования

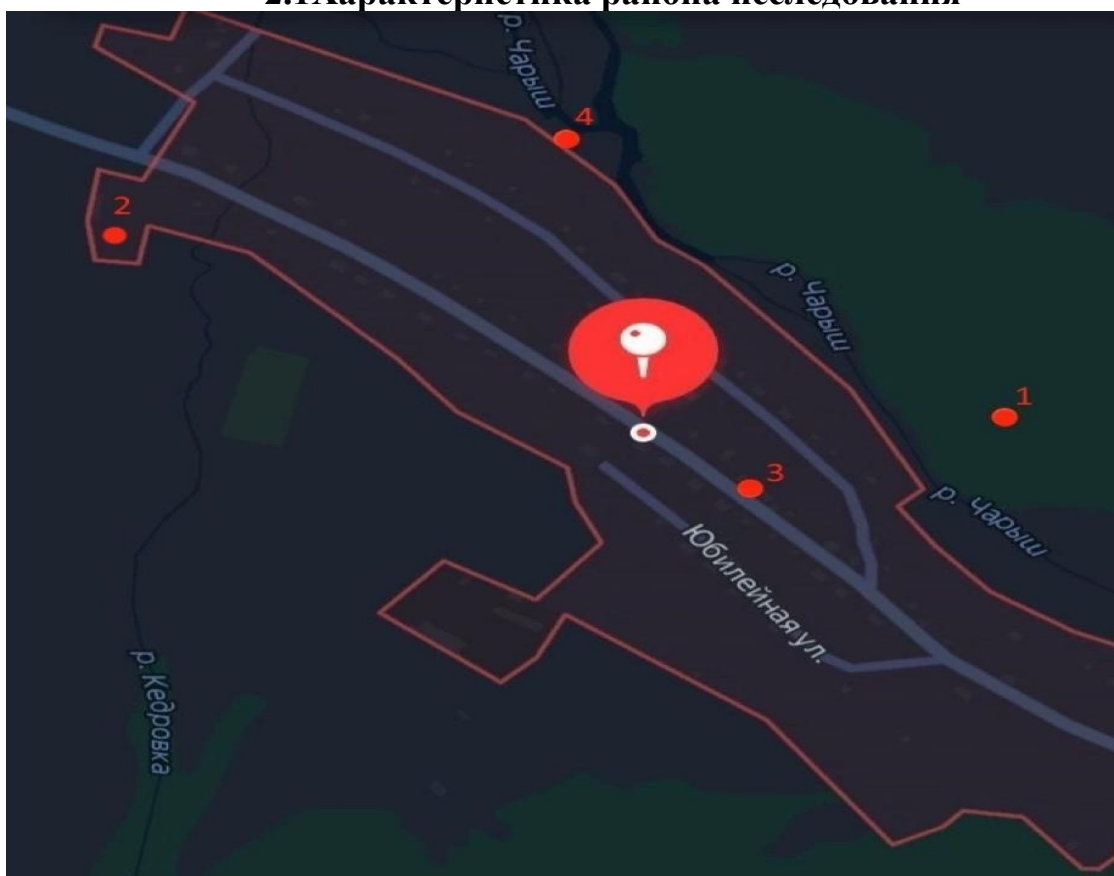


Рисунок 3- Карта исследуемых площадок в селе Тюдрала

Рельеф:

Село Тюдрала расположено между Бальщелакским и Коргонским хребтом. Рельеф оказывает на климат многоплановые влияния, которые проявляются в формировании макро, мезо и микроклиматов (Н.Г. Селедцов, 2003).

Гидрологическая сеть:

В месте схождения Коргонского и Семинского хребтов берёт начало река Чарыш. Основная масса воды поступает от таяния снегов, поэтому весной расход воды в них увеличивается.

Климат

Таблица 1

Средняя месячная температура воздуха

Станции	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
с. Усть - Кан	19	-16	-8,2	-0,2	8,7	12,3	14,0	12,2	6,9	4	-9,5	-16,0	-1,5

По данным станции Усть – Кан, средняя температура воздуха равна -15°C , а в июле $+14^{\circ}\text{C}$ тепла. В январе морозы достигают -40°C , а летом максимум температуры воздуха достигают $+33^{\circ}\text{C}$. Средняя продолжительность безморозного периода 62 дня. Весной и летом господствуют ветры западного и восточного направления, осенью – южные, зимой – северо – восточные. Общая сумма осадков за год составляет 390мм.

Климат резко континентальный, так как расположен в умеренном поясе, удален от океана. В области формирования высокого давления в зимний период, преобладает западный перенос континентальных воздушных масс

Растительность

Растительный покров отличается большим разнообразием, что объясняется характером рельефа, климата, почвенного покрова, воздействию прошлой и современной хозяйственной деятельности людей и другими фактами согласно исследованиям (Куминовой 1960, Огуреевой Г.Н.,1980).Основной закономерностью в распределении растительности является высотная поясность. Отчетливо прослеживается три основных вертикальных пояса растительности: степной, лесной и высокогорной. Травяной покров выражен хорошо. Лиственные леса сменяются чистыми кедровниками (Модина, 1997).В горных лесах произрастают кустарники с красивыми цветками, приятным декоративным обликом, съедобными плодами. В среднегорье растут рябина, калина, малина, смородина, черемуха. В высокогорный пояс Алтая входят альпийские и субальпийские луга, горные тундры, ледники. На альпийских лугах густой травостой. Здесь находятся летние пастбища. В этом поясе растет пырей, овес, мятлик, лекарственное растение левзея (маралий корень). Прекрасны альпийские луга Алтая - это живой ковер из крупных цветов на фоне сочной зелени. Синие водосборы и ярко – оранжевые огоньки, разноцветные фиалки, белые анемоны и темно – синие бокальчики цветущей горечавки, всюду маки, лютики, скромные черные колоски альпийской осоки и еще множество необычно красивых растений.

2.2 Описание пробных площадок

Пробы были взяты на четырех площадках с разной антропогенной нагрузкой.

Площадка №1 западный склон подножие горы Богатырка.

Почва на данном участке глинистая с небольшими примесями песка и горных пород, на которой растут большое количество горных растений, господствующими видами являются сам *C. sibirica*, а также другие лугово-степные ксерофиты и мезоксерофиты анагалидиум вильчатый – *Anagallidium dichotomum*, клубника – *Fragaria viridis*, лапчатка белойочная – *Potentilla erecta*, люцерна серповидная – *Medicago falcata*, мятлик узколистный – *Poa angustifolia*, подорожник Комарова – *Plantago komarovii*, полынь шелковистая – *Artemisia sericea*. Изредка встречаются другие ксерофиты (лапчатка гусиная – *Potentilla anserina*) и мезофиты (змееголовник поникший – *Dracosephalum nutans*, техреберник непахучий – *Matricaria inodora*, щетинник низкий – *Setaria pumila*). Последние два являются сорными растениями (рис. 14), в том числе и клевер белый ползучий (*Trifolium repens* L.)

Данная площадка с малым антропогенным воздействием.

Площадка №2 Урочище Кедровка.

Участок с самым низким антропогенным воздействием. Почва плодородная, так как степь находится на границе с лесом. На ее территории находится большое количество чернозема. Растительность разнообразная, но преобладают злаковые, чаще всего ковыль. На открытом пространстве наиболее обильно представлен сам *C. sibirica*, а также лугово-степные и лугово-лесные ксерофиты (Истод сибирский – *Polygala sibirica*, Люцерна серповидная – *Medicago falcata*) и мезоксерофиты (Тысячелистник азиатский – *Achillea asiatica*, Синяк обыкновенный – *Echium vulgare*, Подорожник урвилла – *Plantago urvillei*, Лапчатка белойочная – *Potentilla erecta*), а также мезофиты (Лапчатка золотистоцветковая – *Potentilla chrysantha* и Овсяница луговая – *Festuca partensis*). Изредка встречается ксерофильная дрема белая – *Melandrium album*, степных и тундровых мест обитания (*Stipa*).

Площадка №3 центр села Тюдралы.

Площадка находится вблизи с автомобильной дорогой, что значит большое количество выхлопных газов. Почва на участке песчаная, не плодородная. Растения, на данной территории подвержены вытаптыванию людьми. Произрастают в основном сорные растения, такие как: подорожник большой (*Plantago major*), тысячелистник обыкновенный (*Herba Achillea millefolii*), одуванчик (*Taraxacum*) Место, с высоким антропогенным воздействием.

Площадка №4 правый берег реки Чарыш.

Почва на участке песчаная. Самая благоприятная территория для произрастания растений. Высоких деревьев по берегу не растет, солнечного света достаточно. Обильно представлены следующие виды: мятлик луговой – *Poa pratensis*, овсяница луговая – *Festuca partensis*, тимopheевка луговая – *Pleumpretense*, вероника дубравная – *Veronica chamaedrys*, душица

обыкновенная – *Origanum vulgare*, подорожник Урвилла – *Plantagourvillei*, хвощ лесной – *Equisetum silvaticum*, являющиеся лугово-степными и лугово-лесными мезофитами. Довольно часто встречается мезоксерофит тысячелистник азиатский – *Achillea asiatica* и мезофит ежа сборная – *Dactyliclomerata*, которые растут на степных, луговых и лесных местах Вытаптыванию людьми и скотом не подвергается.

2.3. Материалы и методы исследования

Наличие «седого» пятна на листьях растений *T. repens* связано с нарушением нормального развития хлорофилла в полисадных клетках листа. Наследственный характер таких нарушений был доказано для клевера на молекулярно-генетическом уровне с применением методов полимеразно-цепной реакции. Данный признак генетически детерминирован и определяется действием серии множественных аллелей гена *V*. Дж. Л. Брюейкер насчитывал более 11 аллелей этого гена. Члены серии состоят в различных отношениях друг с другом по степени доминирования. Аллель *v* рецессивна по отношению ко всем остальным аллелям: *V*, *V^H*, *V^B*, *pV^{Bh}*, *V^P*, *V^F*, *V^S* и т. д. Аллель *V^B* доминирует над *V^P*, поэтому рисунки у генотипов *V^BV^P* и *V^BV^B* одинаковы. Но чаще они действуют как неоморфы и в компаунде дают продукты обеих аллелей, поэтому в фенотипе проявляются пятна обеих доминантных аллелей, например, генотип *Vv* имеет фенотип *V*, а *V^{Bh}v* – фенотип *V^H*, но в компаунде *V^{Bh}V^B* обнаруживается новый рисунок с фенотипом *VV^H* (рис. 4; табл. 2).

	1	2	3	4	5	6	7	8
	<i>v</i>	<i>V</i>	<i>V^H</i>	<i>V^B</i>	<i>V^{Bh}</i>	<i>V^P</i>	<i>V^F</i>	<i>V^S</i>
<i>v</i>								
<i>V</i>								
<i>V^H</i>								
<i>V^B</i>								
<i>V^{Bh}</i>								
<i>V^P</i>								
<i>V^F</i>								
<i>V^S</i>								

Рисунок 4 – Гомо- и гетерозиготы (компаунды) по аллелям гена *V*, определяющего рисунок «седого» пятна на листьях *T. repens*.

Таблица 2

Генетическая детерминация разнообразия формы «седых» пятен на листьях клевера ползучего

Аллель	Фенотип	Символ фенотипа (фен)
v	Пятно отсутствует	O
V	Полное пятно	A
V^H	Полное пятно, высокое	A^H
V^B	Разорванное пятно	B
V^{Bh}	Разорванное высокое	B^H
V^P	Центральная верхняя точка	C
V^F	Большое сплошное пятно у основания	D
V^S	Низкое треугольное пятно у основания	E

Целью нашей работы был сравнительный анализ внутри- и межпопуляционной изменчивости клевера ползучего по признаку наличие и разнообразие формы «седого» пятна на листьях растений в различных экологических условиях: на территории и в окрестностях с. Тюдрала.

Сбор растительного материала проводили на газонах в с. Тюдрала, на пастбищах и по обочинам дорог (в окрестностях села). Для идентификации фенотипов брали листья растений на расстоянии 0,5-5 метров друг от друга. При анализе образцов растений клевера использовали таблицу, предложенную Дж. Л. Брюбейкером в 1966 г. В ней представлены 8 наиболее часто встречающихся аллелей гена V и 36 вариантов их взаимодействия в компаунде (табл. 3).

Для исследованных природных популяций находили частоты встречаемости различных генотипов и на основе этого составляли графики и проводили статистическую обработку данных в программном пакете Statistica: BasisStatisticandTables.

Сбор растительного материала проводили в период обильного цветения клевера (май). Исследовано шесть популяций, среди которых молодые (внедряющиеся) и старые (довольно устоявшиеся). Всего было собрано и проанализировано 298 образцов растений. Обнаружено 19 комбинаций мутантных аллелей в гомо- и гетерозиготе из 36 в соответствии с методикой П. Я. Шварцмана (рис. 1, [18]). Точный генотип не установлен у 1-2% растений.

2.4 Результаты исследования

Во всех исследованных локациях наблюдается преобладание растений без рисунка на листьях, т.е. рецессивных гомозигот (vv) – 22-38%. Высокая частота встречаемости компаундов: $VPVBh$ (от 8,2 до 17.6%) и $VPVH$ (от 3 до 9.2%); гомозигот: $VHVN$ (от 5,7 до 13%), $VSVS$ (от 3,4 до 9.2%), VV (от 5 до 8%) и гетерозиготы Vv (от 5,4 до 10.6%, рис. 5).

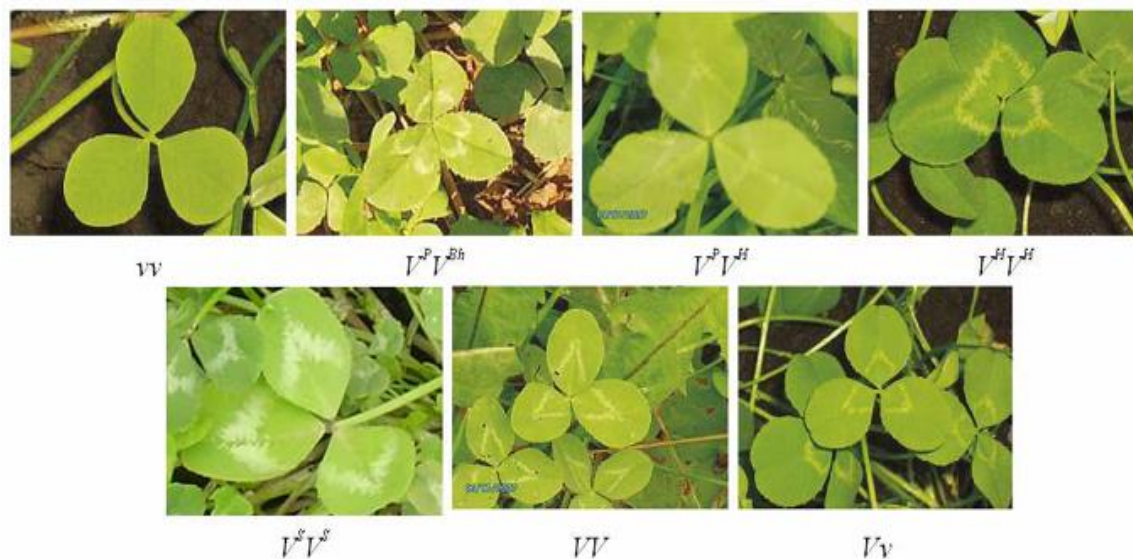


Рисунок 5

Наиболее часто встречающиеся варианты взаимодействия множественных аллелей гена V , определяющего рисунок «седого» пятна на (*Trifolium repens* L.)

Реже встречаются растения с генотипами $VBVB$ - (3-7%); VBv - (2-4.6%), VPv - (1.5-6%), VPV - (1.5-4.8%), $VPVP$ - (3.5-6%), $VBhv$ - (1.5-4%), $VHVb$ - (0.7-3.9%), VHv - (0.5-2.6%), и $VBhVBh$ - (1.1-2.3%). Меньше одного процента частота встречаемости растений с генотипами: $VBhV$, VHV , $VFVF$, $VSVH$ и $VSVP$ (рис. 6).



Рисунок 6 – Редко встречающиеся варианты взаимодействия множественных аллелей гена V , определяющего рисунок «седого» пятна на листьях *Trifolium repens* L.

Здесь клевер растет среди обильной луговой растительности сплошным ковром и подвергается частому вытаптыванию. Все эти популяции довольно устоявшиеся, возрастом более 100 лет. Тенденция распределения частоты встречаемости генотипов сохраняется, т.е. здесь мы также видим

повышенную частоту встречаемости отдельных генотипов (они представлены на рис. 3) по сравнению с другими. В популяциях, в которых клевер больше растет скоплениями (рис. 6), мы обнаруживаем ту же тенденцию, однако, в отличие от пастбищных, здесь наблюдается повышение генетического разнообразия. Если в пастбищных популяциях выявлено 12-15 различных генотипов, то в молодых – 18-19. Повышение степени генетического разнообразия достигается за счет редко встречающихся генотипов (рис. 5). Растения с генотипом $V^{Bh}V$ встречаются с частотой 0,5-2,3%; с генотипом V^FV^F - 0,5-1% – обнаружены только в локациях возле реки Чарыш; V^SVP - с частотой 1,2-1,6% – обнаружены только в прибрежном луге на севере от с. Усть-Кан.

По мнению Л. Н. Денисовой [6], степень гетерогенности связана с возрастом популяции. Старые, длительно существующие, устоявшиеся популяции (к таковым относятся пастбищные) являются более однородными, более стабилизированы и представлены меньшим разнообразием генотипов. Данные популяции характеризуются однородным генотипическим составом. Если в них и встречаются растения с редкими генотипами, то все же в незначительном количестве ($V^{Bh}V^{Bh}$, V^FV^F , $V^{Bh}V$ и другие) и в основном на периферии популяций. А молодые популяции, напротив, являются гетерогенными.

«Тенденция уменьшения межпопуляционного разнообразия с течением времени» была также обнаружена при исследовании популяций (*Trifolium repens* L.). Валиевым, О. С. Мочаловой [3] в 2004-2005 гг. в северо-восточных районах РБ. Исследованы пастбищные популяции Дуванского и Нуримановского районов, где выявлено 5-7 генотипов с различным рисунком листа. Помимо возраста популяции, здесь большое значение имеет уровень загрязнения среды произрастания. В этом отношении Дуванский и Нуримановский относятся к экологически более чистым районам. Напротив, в с. Усть-Кан и его окрестностях – на территориях, загрязненных выхлопными газами дорог, характерна тенденция повышения полиморфизма – обнаружено 10-12 генотипов.

Сравним полученные данные и рассмотрим среднюю частоту встречаемости разных генотипов по исследованию признака рисунок листа растений *Trifolium repens* L. (табл. 4).

Таблица 3

Средняя частота встречаемости (*Trifolium repens* L.) разных генотипов (%) по признаку седого пятна у растений в исследованных популяциях. Н. В. Глотов [4]

vv	48.1	46.6	29.85	33
Vv	-	-	6.6	9.4
VV	1.1	0.9	6.2	5.7
VHv	-	-	1.5	1.0
VHVH	1.9	2.1	8.4	10
VBv	3.2	4.9	3.3	3.0
VHVB	2.2	3.0	2.1	1.7
VBVB	-	-	4.2	4.8
VBhv	-	-	1.4	0.5
VBhVB	-	-	1.0	1.7
h				
VPv	1.0	1.4	3.2	2.3
VPV	7.9	5.3	3.0	2.3
VPVH	13.3	10.8	5.1	3.1
VPVBh	14.4	17.3	11.7	9.3
VPVP	2.4	1.6	2.3	3.7
VFVF	-	-	0.5	0.5
VSVP	-	-	0.75	0.8
VSVS	1.4	1.2	5.3	5.3
VBhV	-	-	2.2	1.5
V*	2.0	0.9	1.7	0.8

Связь степени гетерогенности популяций (*Trifolium repens* L.) от уровня загрязнения среды подчеркивается и в исследованиях Н. В. Глотова [4] на территории Западной Сибири.

Характерной особенностью (*Trifolium repens* L.) является то, что он очень хорошо адаптируется к широкому диапазону абиотических условий, устойчив к вытаптыванию. Однако в многовидовых сообществах клевер подавляется представителями других видов. Возникает своеобразное равновесие: в экологически чистых местообитаниях лучше абиотические условия, но острее ценотический стресс; а в загрязненных – хотя и имеет место токсические эффекты нефтепродуктов, но практически полностью снята конкуренция. В результате нет никаких причин для изменения вектора отбора или резких пластических реакций.

Поэтому (*Trifolium repens* L.) можно использовать в качестве фенотипического биоиндикатора оценки состояния окружающей среды и уровня антропогенного воздействия. Так как на экологически напряженных территориях под воздействием антропогенных факторов окружающей среды естественный отбор и мутационный процесс приводит к расширению

наборов фенотипов, увеличению частоты их встречаемости и появлению в популяциях специфических «городских» фенотипов.

Механизм поддержания полиморфизма может быть обоснован адаптивными эффектами сверхдоминирования, когда различные аллели сохраняются в популяции благодаря балансирующему отбору, дающему преимущество гетерозиготным особям. Однако не все гетерозиготы имеют преимущество перед гомозиготами. Согласно теории нейтральности, большинство молекулярных вариантов, которые становятся полиморфными, исходно подвергаются действию мутаций, образующих новый вариант, и генетическому дрейфу, приводящему к действительной фиксации этих вариантов.

По-видимому, в природных популяциях (*Trifolium repens* L.) осуществляется движущий отбор, направленный на повышение частоты встречаемости отдельных генотипов. Причиной этому могут служить антропогенные воздействия на среду или отклонения от нормы экологических факторов: режима освещения, открытости пространства опылителям, значения влажности и температуры воздуха во время роста листьев и др.

в с. Тюдрала и его окрестностях – на территориях, загрязненных выхлопными газами дорог, характерна тенденция повышения полиморфизма – обнаружено 10-12 генотипов.

ВЫВОДЫ

Рассматривая соотношение обнаруженных морф, мы получили возможность подтвердить выдвинутую гипотезу и сделать следующие выводы:

1. На обеих площадках прослеживалось доминирование морфы №1 (51% и 60%), особенностью которой было отсутствие «седины». Остальные морфы были распределены неравномерно и значительно различались по количеству представленных особей. Но это все равно позволило сделать вывод о степени антропогенного влияния, т.к. количество мутантных генотипов в совокупности составило на разных площадках 49% и 40% соответственно.

2. Обе пробные площадки находятся в нестабильном состоянии. Площадка №3 расположена в самом центре села, она является местом регулярного посещения жителей, отдыха молодежи. Можно предположить, но не все гости парка придерживаются отведенных дорожек, подвергая газонную растительность вытаптыванию, что не может не накладывать своего отпечатка на генотипы и фенотипы растений.

3. Площадка №2 напротив, находится в отдалении от жилых домов, представляя собой участок "дикой" природы. Посещения людей и их антропогенное воздействие не носит систематического характера, на что и указывает наличие мутантных форм. Вероятно, подобное вызвано вытаптыванием популяции, произрастающей на обочинах протоптанных тропинок.

4. Явное преобладание конкретной морфы, и неравномерность их распределения могут говорить об антропогенном воздействии на данных территориях. Ответной реакцией на которое и являются перечисленные особенности, зависящие от степени этой нагрузки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенного исследования мы можем подвести итоги:

Обобщены результаты теоретического и практического исследования пригодности клевера белого (*Trifolium repens* L.) для биоиндикации антропогенного нарушения среды.

Выбор объекта исследования был обусловлен тем, что клевер ползучий, являясь синантропом, удовлетворяет многим требованиям к идеальному биологическому индикатору: типичное растение во флоре местообитаний, связанных с человеком, имеет высокую численность в исследуемых экотопах, обитает на одной территории многие годы, находится в условиях, удобных для отбора проб, в течение вегетативного сезона быстро проходит смену фенофаз. В то же время тот факт, что клевер сосуществует с человеком на территориях, подвергшихся значительному антропогенному изменению, свидетельствует о его более высокой устойчивости к разного рода неблагоприятным факторам, чем у типичных лесных или луговых видов растений. Однако данные виды, в противоположность синантропам, не столь часто встречаются в антропогенно измененных условиях. В связи с этим представляет интерес обследование популяций клевера ползучего и поиск закономерностей, свидетельствующих об отклонениях в их развитии в условиях нескольких видов антропогенной нагрузки: рекреационной, автотранспортной, а также под воздействием электромагнитных полей.

Характерной особенностью *T. repens* является то, что он очень хорошо адаптируется к широкому диапазону абиотических условий, устойчив к вытаптыванию. Однако в многовидовых сообществах клевер подавляется представителями других видов. Возникает своеобразное равновесие: в экологически чистых местообитаниях лучше абиотические условия, но острее ценотический стресс; а в загрязненных – хотя и имеет место токсические эффекты нефтепродуктов, но практически полностью снята конкуренция. В результате нет никаких причин для изменения вектора отбора или резких пластических реакций.

Поэтому *T. repens* можно использовать в качестве фенотипического биоиндикатора оценки состояния окружающей среды и уровня антропогенного воздействия. Так как на экологически напряженных территориях под воздействием антропогенных факторов окружающей среды естественный отбор и мутационный процесс приводит к расширению наборов фенов, увеличению частоты их встречаемости и появлению в популяциях специфических «городских» фенотипов.

Таким образом, межпопуляционные различия по степени полиморфизма *T. repens* связаны с возрастом популяций и с влиянием многих экологических и антропогенных факторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ И ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. **Ашихмина, Т.Я.** Экологический мониторинг :учебно-методическое пособие. / Т.Я. Ашихмина. Изд. 3-е, испр. и доп. – М.: Академический Проект, 2006. – 416 с.
2. **Бурчак, Л. Б.** Изучение множественного аллелизма естественных популяций клевера ползучего на полевой практике студентов / Л.Б. Бурчак // Актуальные научные исследования в современном мире. – 2017. – № 2-6(22). – С. 43-47.
3. **Валиев, Р.Р.** Сравнительная характеристика наследственного полиморфизма по признаку «седого» пятна на листьях растений в популяциях *Trifolium repens* на территории г. Уфы и некоторых районов Республики Башкортостан / Р.Р. Валиев, О.М. Яковлева // Вестник Башкирского университета. - 2008. - Т. 13, № 2.
4. **Глотов, Н.В.** Эколого-генетическая изменчивость клевера белого (*Trifolium repens* L.) в природных популяциях Среднего Приобья / Н.В. Глотов, О.Е. Максименко, Д.Б. Орлинский // Экология. –2020. – № 5. – С. 46-49.
5. **Горшкова, Т.А.** Оценка возможности использования клевера ползучего (*Trifolium repens* L.) для биоиндикации антропогенного нарушения среды / Т.А. Горшкова // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2012. – Т. 14, № 1. – С. 69-73.
6. **Денисова, Л.Н.** Пространственная и возрастная структура популяций *Trifolium repens* (Fabaceae) в различных местообитаниях / Л.Н. Денисова // Ботанический журнал. – 1995. – № 4. – С. 38-42.
7. **Доспехов, Б.А.** Методика полевого опыта (С основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 352 с.
8. **Животовский, Л.А.**Фенетика природных популяций / Л.А. Животовский; под ред. А.В. Яблокова. – М., 1988. – 306 с.
9. **Камчатова, И.Е.** Внутрипопуляционный генетический полиморфизм у клеверов (*Trifolium*) / И.Е. Камчатова// Фенетика природных популяций: материалы IV Всесоюз. совещ. (Борок, ноябрь 1990 г.). – М., 1990. – С. 132-141.
10. **Левицкий, С. Н.** Генетический полиморфизм в популяциях *Trifolium repens*, произрастающих в условиях различной антропогенной нагрузки территорий / С. Н. Левицкий // Фундаментальные исследования. – 2013. – №4-1. – С. 108-111.
11. **Мелехова, О.П.** Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование / О.П. Мелехова, Е.И. Егорова, Т.И. Евсеева. – М.: Академия, 2007. – 288 с.
12. **Мухина, Н.А.** Клевер / Н.А. Мухина, З.И. Шестиперова. – Л., 1978. – 126 с.

13. **Соколова, Г.Г.** Морфогенетический полиморфизм листьев клевера ползучего / Г.Г. Соколова, Г.Т. Камалтдинова // Известия Алтайского государственного университета. – 2013. – № 1(67). – С. 48-51.
14. **Федорова, А.И.** Практикум по экологии и охране окружающей среды: учеб. пособие для студ. Вузов / А.И. Федорова, А.Н. Никольская. – М.: ВЛАДОС, 2017. – 288 с.
15. **Хедрик, Ф.** Генетика популяций / Ф. Хедрик. – М.: Техносфера, 2003. – 592 с.
16. **Чукаева, Н.В.** Белый клевер в оценке состояния окружающей среды // Естествознание и гуманизм. Сборник научных трудов. – 2010. – Т. 6, № 1. – С. 73-81.
17. **Шарыгина, Н.В.** Изучение наследственного полиморфизма рисунка седых пятен на листьях растений в популяции клевера *Trifolium repens* / Н.В. Шарыгина // Экологические проблемы Севера: Межвузовский сборник научных трудов. – Архангельск: изд-во АГТУ, 2010. – Вып. 13. – С. 122-129.
18. **Шварцман, П.Я.** Полевая практика по генетике с основами селекции / П.Я. Шварцман. – М.: Просвещение, 2016. – 142 с.
19. **Яновская, В.В.** Биоиндикация и биоповреждения : методические рекомендации / В.В. Яновская. – Витебск : ВГУ имени П.М. Машерова, 2020. – 44 с.
20. ***Trifolium repens* L.** – Клевер ползучий, или белый / И.А. Губанов и др. // Иллюстрированный определитель растений Средней России. В 3 т. – М.: Т-во науч. изд. КМК, Ин-т технолог. иссл., 2003. – Т. 2. Покрытосеменные (двудольные: раздельнолепестные). – С. 473-479.