

* * *

УДК 574.3

DOI 10.17816/sn202117

Статья поступила в редакцию 15.02.2020

ЭКОЛОГИЯ И СТРУКТУРА ЦЕНОПОПУЛЯЦИЙ *TRIFOLIUM REPENS* L. НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

© 2020

Прохоренко Нина Борисовна, кандидат биологических наук,

доцент кафедры ботаники и физиологии растений

Кадырова Луиза Равилевна, кандидат биологических наук,

доцент кафедры ботаники и физиологии растений

Демина Галина Владимировна, кандидат биологических наук,

доцент кафедры ботаники и физиологии растений

Казанский (Приволжский) федеральный университет (г. Казань, Российская Федерация)

Аннотация. В данной статье анализируется влияние различных эколого-ценотических условий на морфологическую изменчивость растений, а также на состав и структуру ценопопуляций *Trifolium repens* L. – ценного медоноса, пастбищного и лекарственного растения, содержащего аскорбиновую кислоту, каротин, алкалоиды, гликозиды и другие вещества. В составе двух ландшафтных подзон на территории Республики Татарстан были исследованы 11 ценопопуляций *T. repens* и проведена оценка условий их местообитания по 6 экологическим факторам. Сравнение ценопопуляций проводилось по показателю плотности и типу виталитетной структуры, морфологический статус растений – по 9 морфометрическим и аллометрическим параметрам. Согласно полученным результатам, почвы в составе подтаежной подзоны слабокислые, свежие по степени увлажнения, с содержанием азота выше среднего, на севере широколиственной подзоны – сухие периодически свежие, со слабокислой реакцией и средним содержанием минерального азота, на юге широколиственной подзоны – сухие периодически свежие, преимущественно нейтральные, с содержанием азота выше среднего. Условия местообитания на севере широколиственной подзоны способствуют образованию ценопопуляций *T. repens* низкой плотности, что обеспечивает накопление наибольшей биомассы у побегов. Это позволяет считать условия на севере широколиственной подзоны наиболее оптимальными для развития ценопопуляций *T. repens* и рекомендовать их для сбора в качестве лекарственного сырья.

Ключевые слова: Республика Татарстан; ландшафтные подзоны; *Trifolium repens* L.; условия местообитания; экологические шкалы Г. Элленберга; морфометрические параметры; плотность ценопопуляции; виталитетная структура ценопопуляции; репродуктивное усилие.

Введение

Клевер ползучий (*Trifolium repens* L.) – летне-зимнезеленое или летнезеленое травянистое многолетнее поликарпическое растение с удлиненными ползучими симподиально нарастающими побегами, которое характеризуется евро-азиатским распространением и встречается по влажным лугам, опушкам, берегам водоемов и около дорог [1, с. 200; 2]. Прикладное значение *T. repens* чрезвычайно разнообразно. Как синантропное растение, в связи со способностью произрастать вдоль дорог и вблизи человеческого жилья в условиях усиленного вытаптывания, клевер ползучий можно использовать как биоиндикатор для оценки качества окружающей среды. Показано, что увеличение степени загрязнения приводит к повышению степени флуктуирующей асимметрии листа, фенотипического разнообразия и частоты встречаемости отдельных фенотипов [3; 4]. С увеличением вытаптывания и автотранспортной нагрузки происходит снижение массы и площади листа, увеличение количества листьев, боковых побегов и соцветий на побеге, а также возрастает частота встречаемости листьев с седым рисунком или пятном [5]. Изучение частоты встречаемости гена, который отвечает за седой рисунок, показало, что в условиях антропогенной нагрузки повышается степень полиморфизма этого гена, в то время как при ее отсутствии популяции клевера ползучего обладают

морфогенетической однородностью [6]. Клевер ползучий как представитель семейства Fabaceae обеспечивает накопление азота в почве от 110 до 545 кг/га в год, что позволяет выращивать его в смесях с другими кормовыми растениями для поддержания высокой продуктивности пастбищ [7; 8]. Этот вид можно использовать и в ландшафтном дизайне как неприхотливое почвопокровное растение благодаря его высокой способности к радиальному разрастанию побегов, вегетативному размножению при помощи партикуляции, а также эксплерентной стратегии жизни [9; 10]. В надземных частях клевера ползучего обнаружены аскорбиновая кислота, каротин, гликозиды, флавоноиды и другие вещества, поэтому его используют в народной медицине как отхаркивающее и потогонное средство [11–14].

Республика Татарстан (РТ) охватывает четыре ландшафтные подзоны: южно-таежную и подтаежную подзоны в составе бореальной ландшафтной зоны, а также широколиственную и лесостепную подзоны в составе суббореальной северной семигумидной ландшафтной зоны [15; 16]. В связи с разнообразием ландшафтных подзон на территории РТ актуальны исследования природных ценопопуляций хозяйственно значимых растений и выявление у них адаптационных механизмов к среде обитания. Следует отметить, что на территории Татарстана не проводилась оценка естественных популяций *T. repens* в зависимости от эколого-ценотических условий.

Цель наших исследований: определить морфологический статус растений, плотность и виталитетную структуру ценопопуляций *Trifolium repens* в зональной перспективе, а также рекомендовать в пределах РТ районы, наиболее благоприятные для сбора и получения лекарственного сырья данного вида.

Материалы и методика исследований

Сбор материала проводился в вегетационный период 2018 г. на территории 4 административных районов РТ: Зеленодольского, Лаишевского, Тетюшского и Верхнеуслонского. Были исследованы 11 ценопопуляций (ЦП) *T. repens* в составе луговых, лесных, опушечных и придорожных сообществ: ЦП 1, 2 и 3 (Зеленодольский район) располагаются в подтаежной подзоне, ЦП 4 (Лаишевский район) и ЦП 6, 7 и 8 (Верхнеуслонский район) – на севере широколиственной подзоны, ЦП 9, 10 и 11 (Тетюшский район) находятся на юге широколиственной подзоны в месте контакта с лесостепной подзоной (табл. 1).

В различных фитоценозах проводились геоботанические описания по стандартной методике [17] и закладывались 5 площадок размером 1 × 1 м, на которых выкапывались все растения *T. repens* для гербаризации и морфометрического анализа. В процессе морфологического исследования у высушенных растений определялись 7 метрических параметров генеративных побегов: длина (*L*, см), сухая биомасса (*W*, г), биомасса листьев (*WL*, г), число соцветий (головок) на побеге (*NI*, шт.), биомасса соцветий (*WG*, г), число цветков в соцветии (*NF*, шт.), число цветков на побеге (*NF/sh*, шт.) а также 2 аллометрических: репродуктивное усилие ($RE = WG / W$) и фотосинтетическое усилие ($LWR = WL / W$). Счетной единицей для статистического анализа и оценки плотности ценопопуляций был выбран побег (табл. 1). Для выявления связи метрических и аллометрических параметров с показателем плотности проведен корреляционный анализ.

Виталитетная структура популяций исследовалась по показателю сухой биомассы побега с учетом

методических рекомендаций Ю.А. Злобина [18]. Тип виталитетной структуры ценопопуляций определяли по значению критерия *Q*:

1. $Q = 1/2 (a + b) > c$ – процветающие;
2. $Q = 1/2 (a + b) = c$ – равновесные;
3. $Q = 1/2 (a + b) < c$ – депрессивные.

Условия местообитания *T. repens* оценивали индикаторными методами с использованием 6 точечных экологических шкал Г. Эллэнберга: освещенность (*L*), температурный режим (*T*), континентальность климата (*K*), влажность почвы (*F*), кислотность почвы (*R*), богатство почвы азотом (*N*) [19]. Значения экологических факторов для местообитания каждой ЦП рассчитывали в программе EcoScaleWin по видовому составу сообщества [20; 21]. Латинские названия растений в работе приводятся в соответствии с международной поисковой системой The Plant List.

Результаты исследований и их обсуждение

Расчёт значений экологических факторов индикаторными методами по видовому составу фитоценозов показал, что местообитания ЦП *T. repens* имеют освещенность (*L*) в пределах 6,9–7,9 балла, что характеризует условия как полутеневые или почти полностью освещенные (освещенность около 50% или больше 50% от полной) (табл. 2). Среди климатических параметров температурный режим (*T*) варьирует от 5,65 до 5,98 баллов, континентальность климата (*K*) – от 3,58 до 4,89 баллов, что указывает на условия умеренно теплого, от субокеанического до слабосубконтинентального климата. Значения почвенных показателей следующие: увлажнение (*F*) изменяется от 4,3 до 5,1, кислотность (*R*) – от 6,1 до 7,06, а обеспеченность минеральным азотом (*N*) – от 4,46 до 5,45. Следовательно, почвенные условия в местах произрастания *T. repens* варьируют от сухих периодически свежих до свежих, от слабокислых до нейтральных, со средним или выше среднего содержанием азота.

Таблица 1 – Перечень исследованных ценопопуляций *Trifolium repens* L. на территории Республики Татарстан

Ландшафтная подзона / № ЦП	Географический пункт / административный р-н	Тип фитоценоза	Объем выборки, шт. генеративных побегов
Подтаежная / ЦП 1	п. Октябрьский / Зеленодольский р-н	опушка широколиственного леса	66
Подтаежная / ЦП 2	п. Октябрьский / Зеленодольский р-н	опушка широколиственного леса	66
Подтаежная / ЦП 3	п. Новониколаевка / Зеленодольский р-н	опушка широколиственного леса	91
Широколиственная (север) / ЦП 4	п. Орел / Лаишевский р-н	березняк неморально-травяной	8
Широколиственная (север) / ЦП 5	п. Гребени / Верхнеуслонский р-н	овсяницево-разнотравный луг	33
Широколиственная (север) / ЦП 6	п. Ташевка / Верхнеуслонский р-н	овсяницево-разнотравный луг	23
Широколиственная (север) / ЦП 7	п. Шеланга / Верхнеуслонский р-н	овсяницево-разнотравный луг	74
Широколиственная (север) / ЦП 8	п. Введенская Слобода / Верхнеуслонский р-н	придорожный	84
Широколиственная (юг) / ЦП 9	п. Тетюши / Тетюшский р-н	вейниково-разнотравный луг	70
Широколиственная (юг) / ЦП 10	п. Долгая Поляна / Тетюшский р-н	овсяницево-разнотравный луг	64
Широколиственная (юг) / ЦП 11	р. Кляра / Тетюшский р-н	овсяницево-разнотравный луг	87

Таблица 2 – Балльная оценка факторов среды на основе экологических шкал Г. Элленберга в ЦП *Trifolium repens* L. (Республика Татарстан)

Ландшафтная подзона / № ЦП	Значения экологических факторов, баллы					
	L	T	K	F	R	N
Подтаежная / ЦП 1	7,03	5,65	4,03	4,87	6,01	5,22
Подтаежная / ЦП 2	7,20	5,72	4,28	4,76	6,31	5,06
Подтаежная / ЦП 3	7,32	5,92	4,66	5,10	6,76	5,80
Широколиственная (север) / ЦП 4	6,91	5,70	3,58	4,64	6,70	4,82
Широколиственная (север) / ЦП 5	7,65	5,91	4,41	4,34	6,85	4,97
Широколиственная (север) / ЦП 6	7,44	5,86	4,51	4,56	7,02	4,99
Широколиственная (север) / ЦП 7	7,90	5,91	4,89	4,38	7,06	5,26
Широколиственная (север) / ЦП 8	7,40	5,73	4,51	4,90	7,10	5,43
Широколиственная (юг) / ЦП 9	7,74	5,94	4,67	4,57	7,10	5,45
Широколиственная (юг) / ЦП 10	7,40	5,77	3,82	4,70	6,74	5,23
Широколиственная (юг) / ЦП 11	7,42	5,98	4,21	4,30	7,10	4,46

Сравнительный анализ условий местообитания ЦП 3, 8 и 11, относящихся к разным ландшафтным подзонам, показал, что в наибольшей степени различия касаются параметров почвы. В подтаежной подзоне (ЦП 3) *T. repens* произрастает на слабокислых, сравнительно более увлажненных (свежих) и обеспеченных минеральным азотом (выше среднего) почвах (рис. 1). В составе широколиственной подзоны степень увлажнения почв снижается до сухих периодически свежих, в то же время содержание минерального азота в зональной перспективе имеет тенденцию к увеличению (от среднего на севере до выше среднего значения на юге), кислотность почв, наоборот, снижается (от слабокислых на севере до нейтральных на юге). Однако местообитания отдельных ЦП (ЦП 7, 8, 11) не вписываются в выявленную закономерность и отличаются либо низким содержанием азота (ЦП 11, юг широколиственной подзоны), либо, наоборот, высоким его содержанием (ЦП 7, 8, север широколиственной подзоны).

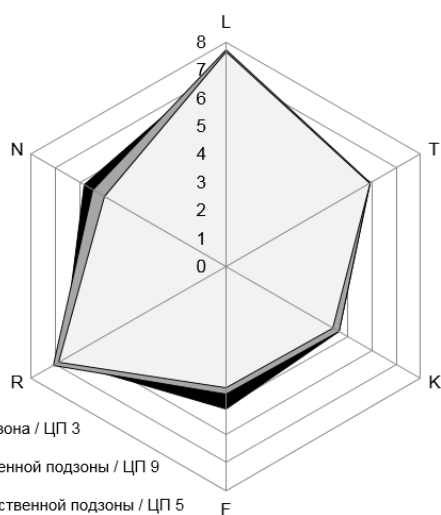


Рисунок 1 – Характеристика местообитаний *Trifolium repens* L. в разных ландшафтных подзонах Республики Татарстан.

Примечание: L – освещенность, T – температурный режим, K – континентальность климата, F – влажность почвы, R – кислотность почвы, N – богатство почвы минеральным азотом

В исследованных ЦП *T. repens* наибольшая плотность побегов составляет 41–48 шт./м² и непосредственно связана с территориями на юге широколиственной подзоны (ЦП 9–11), где, по нашим данным,

складываются условия наибольшего освещения (выше 50% от полной), нейтральные, сухие периодически свежие почвы с содержанием минерального азота выше среднего (рис. 2). Наименьшая плотность – 15–30 шт./м² побегов отмечена для севера широколиственной подзоны (ЦП 4–8), где, согласно расчетам, условия местообитания также характеризуются освещением выше 50% от полной, почвы слабокислые, сухие периодически свежие со средним содержанием минерального азота. В подтаежной подзоне распространены ЦП как высокой плотности (ЦП 2), так и, наоборот, разреженные (ЦП 3), что указывает на неоднородность эколого-ценотических условий произрастания *T. repens*.

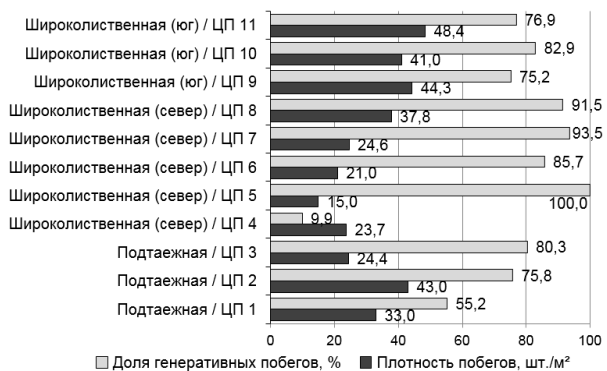


Рисунок 2 – Плотность побегов (шт./м²) и доля генеративных побегов (%) в ценопопуляциях *Trifolium repens* L. на территории Республики Татарстан

Доля генеративных побегов в ЦП *T. repens* варьирует от 21 до 100%. При этом на севере широколиственной подзоны в ЦП со сравнительно низкой плотностью (ЦП 5–8) отмечается наибольшее участие генеративных побегов (более 85%), остальные – вегетативные. На юге широколиственной подзоны и в подтаежной подзоне при сравнительно высокой плотности побегов доля генеративных побегов снижается до 50–75%. Больше всего вегетативных побегов в ЦП 4 под пологом березняка неморально-травяного в связи низкой освещенностью.

Исследованные ЦП 1–11 характеризуются депрессивным типом виталитетной структуры, что указывает на количественное преобладание в ЦП растения низшего класса виталитета, фитомасса которых ниже средних значений (табл. 3).

Формирование депрессивных по структуре ЦП, вероятно, связано с наличием антропогенного воз-

действия в виде вытаптывания (постоянного или периодического) в местах произрастания *T. repens*.

Согласно статистической обработке данных генеративные плагиотропные побеги *T. repens* характеризуются такими средними значениями морфометрических параметров: длина от 3,9 до 30,3 см, сухая биомасса от 0,15 до 0,87 г, количество соцветий (голова) от 1 до 2,3 шт./побег, количество цветков от 16,1 до 38,9 шт./голова, общее количество цветков (NF/sh) – 15,2–51 шт./побег (табл. 4–6). При этом средние значения фотосинтетического усилия (LWR) составляют 0,01–0,28, репродуктивного усилия (RE) – 0,02–0,25.

В ЦП подтаежной подзоны сухая фитомасса побегов, листьев, а также число соцветий на побеге отличаются невысокими значениями. В частности, сухая биомасса побега в 2–2,5 раза, а количество соцветий в 1,5–1,9 раз меньше по сравнению с растениями на севере широколиственной подзоны (табл. 4).

На севере широколиственной подзоны в ЦП *T. repens* сухая биомасса побегов и листьев, а также показатель общего количества цветков на побеге имеют наибольшие значения, которые соответственно в 1,7–3,3 раза и в 1,5–2 раза выше по сравнению с условиями подтаежной подзоны и юга широколиственной подзоны (табл. 5).

Таблица 3 – Тип виталитетной структуры ценопопуляций *Trifolium repens* L. на территории Республики Татарстан (по параметру фитомасса побега)

Ландшафтная подзона/№ ЦП	Доля особей высшего и среднего виталитета в ценопопуляции	Доля особей низшего виталитета в ценопопуляции	Виталитетный тип ценопопуляции
Подтаежная / ЦП 1	0,270	0,45	депрессивная
Подтаежная / ЦП 2	0,260	0,48	депрессивная
Подтаежная / ЦП 3	0,275	0,44	депрессивная
Широколиственная / ЦП 4	не рассчитывались ввиду малого объема выборки		
Широколиственная / ЦП 5	0,285	0,42	депрессивная
Широколиственная / ЦП 6	0,220	0,57	депрессивная
Широколиственная / ЦП 7	0,260	0,48	депрессивная
Широколиственная / ЦП 8	0,295	0,42	депрессивная
Широколиственная / ЦП 9	0,255	0,49	депрессивная
Широколиственная / ЦП 10	0,260	0,48	депрессивная
Широколиственная / ЦП 11	0,275	0,45	депрессивная

Таблица 4 – Морфометрические особенности генеративных растений *Trifolium repens* L. в подтаежной подзоне Республики Татарстан

Параметры	ЦП 1		ЦП 2		ЦП 3	
	$x \pm s_x$	V, %	$x \pm s_x$	V, %	$x \pm s_x$	V, %
L , см	14,03 ± 0,62	36,3	9,45 ± 0,41	34,9	9,64 ± 0,54	53,2
W , г	0,31 ± 0,02	38,6	0,25 ± 0,01	43,8	0,22 ± 0,02	62,3
WL , г	0,08 ± 0,01	73,6	0,03 ± 0,003	78,6	0,07 ± 0,01	88,6
LWR	0,25 ± 0,02	58,4	0,15 ± 0,02	87,5	0,28 ± 0,02	67,7
NI , шт.	1,08 ± 0,03	24,9	1,48 ± 0,08	41,7	1,36 ± 0,06	43,1
WG , г	0,04 ± 0,004	80,9	0,05 ± 0,004	73,3	0,07 ± 0,005	74,4
RE	0,12 ± 0,01	74,6	0,22 ± 0,02	71,8	0,33 ± 0,02	47,7
NF , шт.	38,99 ± 1,76	38,5	25,04 ± 1,01	40,0	20,12 ± 0,92	50,9
NF/sh , шт.	41,52 ± 2,21	42,9	36,31 ± 2,39	53,1	27,5 ± 1,76	60,7

Таблица 5 – Морфометрические особенности генеративных растений *Trifolium repens* L. на севере широколиственной подзоны Республики Татарстан

Параметры	ЦП 4		ЦП 5		ЦП 6		ЦП 7		ЦП 8	
	$x \pm s_x$	V, %	$x \pm s_x$	V, %	$x \pm s_x$	V, %	$x \pm s_x$	V, %	$x \pm s_x$	V, %
L , см	30,25 ± 6,5	60,9	10,55 ± 0,3	16,4	9,59 ± 0,63	31,6	14,47 ± 0,6	36,1	16,45 ± 0,6	39,3
W , г	0,87 ± 0,2	51,1	0,49 ± 0,06	65,5	0,23 ± 0,01	28,5	0,45 ± 0,03	60,7	0,50 ± 0,03	59,9
WL , г	0,10 ± 0,0	83,4	0,02 ± 0,01	124,6	0,05 ± 0,01	78,0	0,08 ± 0,01	89,4	0,10 ± 0,01	85,3
LWR	0,01 ± 0,03	63,1	0,06 ± 0,01	80,7	0,21 ± 0,03	61,7	0,17 ± 0,01	55,7	0,18 ± 0,01	58,8
NI , шт.	1,33 ± 0,21	38,7	2,30 ± 0,18	44,1	1,26 ± 0,09	35,6	1,71 ± 0,09	42,2	1,93 ± 0,11	53,4
WG , г	0,01 ± 0,00	33,1	0,06 ± 0,01	85,5	0,03 ± 0,01	101,0	0,05 ± 0,01	78,2	0,02 ± 0,01	122
RE	0,02 ± 0,00	31,6	0,14 ± 0,02	72,2	0,10 ± 0,02	75,9	0,13 ± 0,01	72,0	0,06 ± 0,01	123
NF , шт.	16,14 ± 2,3	37,1	24,89 ± 1,4	47,3	30,83 ± 2,2	38,6	29,22 ± 1,1	41,7	25,26 ± 1,3	42,3
NF/sh , шт.	15,17 ± 2,4	39,0	57,94 ± 6,3	62,6	38,87 ± 4,5	55,3	51,6 ± 2,97	49,2	51,01 ± 4,6	75,3

Таблица 6 – Морфометрические особенности генеративных растений *Trifolium repens* L. на юге широколиственной подзоны Республики Татарстан

Параметры	ЦП 9		ЦП 10		ЦП 11	
	$x \pm s_x$	V, %	$x \pm s_x$	V, %	$x \pm s_x$	V, %
<i>L</i> , см	6,81 ± 0,43	52,3	3,99 ± 0,26	52,4	5,01 ± 0,23	43,2
<i>W</i> , г	0,27 ± 0,02	56,0	0,15 ± 0,01	57,4	0,16 ± 0,01	53,9
<i>WL</i> , г	0,05 ± 0,01	93,5	0,02 ± 0,003	101,6	0,02 ± 0,002	121,8
<i>LWR</i>	0,18 ± 0,02	71,7	0,15 ± 0,01	60,3	0,10 ± 0,01	82,8
<i>NI</i> , шт.	1,79 ± 0,10	44,6	1,38 ± 0,07	39,9	1,59 ± 0,08	43,8
<i>WG</i> , г	0,06 ± 0,01	74,0	0,03 ± 0,004	92,3	0,03 ± 0,003	100,9
<i>RE</i>	0,25 ± 0,02	64,7	0,22 ± 0,02	66,4	0,19 ± 0,02	77,5
<i>NF</i> , шт.	22,9 ± 1,29	59,9	22,37 ± 1,15	47,0	17,45 ± 0,94	60,6
<i>NF / sh</i> , шт.	39,6 ± 2,81	58,6	30,75 ± 1,83	46,4	28,35 ± 2,00	65,3

Биомасса побега имеет положительную корреляцию с длиной побега ($r = 0,94$, достоверно при $p = 0,01$), следовательно, накопление биомассы происходит по мере формирования побегов, имеющих значительную протяженность. На увеличение биомассы и способность закладывать большое количество репродуктивных органов оказывают влияние низкая плотность ЦП и комплекс эколого-ценотических условий на севере широколиственной подзоны.

На юге широколиственной подзоны растения *T. repens* отличаются наличием укороченных побегов, длина которых в 1,5–3 раза меньше по сравнению с подтаежной подзоной и севером широколиственной подзоны (табл. 6). Кроме того, в отдельных ЦП побеги характеризуются сравнительно низкими общей биомассой и биомассой листьев, значения которых в 2,5–5 раз меньше по сравнению с другими ландшафтными территориями.

Снижение длины побегов, их общей биомассы и биомассы листьев может быть следствием высокой плотности ЦП на юге широколиственной подзоны.

Анализ аллометрических параметров показал, что относительный вклад биомассы в фотосинтезирующие органы выше у растений *T. repens* в подтаежной подзоне (ЦП 1, 3), где $LWR = 0,25–0,28$, а самые низкие значения фотосинтетического усилия ($LWR = 0,01–0,1$) выявлены на севере широколиственной подзоны. Вклад биомассы в репродуктивные органы сравнительно выше на юге широколиственной подзоны и в подтаежной подзоне, где $RE = 0,2–0,33$. Доля биомассы репродуктивных органов может иметь как положительную, так и отрицательную корреляцию с общей биомассой растения [22, с. 286–299]. По нашим данным, у *T. repens* значения репродуктивного усилия имеют отрицательную корреляцию с биомассой и длиной побегов ($r = -0,72$, достоверно при $p = 0,05$), а значения фотосинтетического усилия – отрицательную корреляцию с биомассой побегов ($r = -0,6$, достоверно при $p = 0,05$).

Согласно исследованиям биохимической продуктивности растений рода *Trifolium* на территории РТ наибольшее количество витамина С (17 мкг/г сухого веса) накапливается в растениях *T. repens*, распро-

страненных в северной части широколиственной подзоны, содержание флавоноидов (4,8 мкг/г сухого веса) и провитамина А (0,7 мкг/г сухого веса) – на юге широколиственной подзоны в местах контакта с лесостепной зоной [13]. При этом количество флавоноидов и аскорбиновой кислоты сопоставимо с *T. pratense*, а каротина – в 2,5 раза выше.

Таким образом, в подтаежной подзоне, а также на границе с лесостепной подзоной плотность ЦП *T. repens* повышается, что представляет собой ответную реакцию на влияние комплекса неблагоприятных факторов. Повышение плотности влечет за собой снижение значений биомассы побегов и листьев, количества генеративных органов, увеличение фотосинтетического и/или репродуктивного усилия, а также, согласно литературным данным, приводит к повышению содержания флавоноидов и каротина. На севере широколиственной подзоны складываются наиболее оптимальные условия, которые способствуют образованию ЦП *T. repens* сравнительно низкой плотности, при которой побеги имеют значительную надземную биомассу, биомассу листьев, наибольшее количество цветков на побеге, при этом, как отмечается в литературе, они характеризуются высоким содержанием аскорбиновой кислоты.

Выводы

Анализ значений экологических факторов в исследованных ЦП *T. repens* из двух ландшафтных подзон на территории Республики Татарстан показал, что в наибольшей степени местообитания различаются по параметрам почвы. В подтаежной подзоне *T. repens* произрастает на слабокислых, свежих по степени увлажнения и выше среднего обеспеченных минеральным азотом почвах. В составе широколиственной подзоны степень увлажнения почв снижается до сухих периодически свежих, в то же время содержание минерального азота варьирует от среднего на севере до выше среднего значения на юге, кислотность почв снижается от слабокислых на севере до нейтральных значений на юге. По нашим данным, все исследованные ЦП *T. repens* характеризуются депрессивным типом виталитетной структуры, наи-

большая плотность побегов – 41–48 шт./м² выявлена в подтаежной подзоне и на юге широколиственной подзоны, наименьшая 15–30 шт./м² отмечается на севере широколиственной подзоны. В ЦП с плотностью побегов менее 25 шт./м² доля генеративных побегов выше и составляет более 90%.

В различных местообитаниях *T. repens* длина плагиотропных генеративных побегов варьирует в среднем от 3,9 до 30,3 см, их сухая биомасса – от 0,15 до 0,87 г, сухая биомасса листьев – от 0,2 до 0,9 г, число соцветий – от 1 до 2,3 соцветий (головок)/побег, количество цветков – от 16,1 до 38,9 цветков/в головке, вес соцветий – от 0,02 до 0,07 г, общее количество цветков – от 15,2 до 51 шт./побег. Значения аллометрических параметров, таких как вклад биомассы в фотосинтетические органы (*LWR*) или в репродуктивные органы (*RE*), варьируют от 0,01 до 0,28 и от 0,02 до 0,25 соответственно. По данным корреляционного анализа, положительную корреляцию имеют параметры биомассы и длины побега ($r = 0,94$, достоверно при $p = 0,01$), отрицательную корреляцию – репродуктивное усилие с биомассой и длиной побега ($r = -0,72$, достоверно при $p = 0,05$), а также фотосинтетическое усилие с биомассой побега ($r = -0,6$, достоверно при $p = 0,05$).

На севере широколиственной подзоны в Верхнеуслонском районе Республики Татарстан в ЦП *T. repens* при сравнительно низкой плотности растения характеризуются наибольшими значениями биомассы генеративных побегов, а также количественных параметров генеративной сферы. В связи с этим ЦП *T. repens* на севере широколиственной подзоны можно рекомендовать для сбора в качестве лекарственного сырья.

Список литературы:

1. Бакин О.В., Рогова Т.В., Ситников А.П. Сосудистые растения Татарстана. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2000. 496 с.
2. Безделев А.Б., Безделева Т.А. Жизненные формы семенных растений Российского Дальнего Востока. Владивосток: Изд-во «Дальнаука», 2006. 295 с.
3. Соколова Г.Г. Оценка стабильности развития клевера белого (*Trifolium repens* L.) в окрестностях г. Алейска (Алтайский край) // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии: мат-лы XV междунар. науч.-практ. конф. 23–26 мая 2016 г., г. Барнаул / отв. ред. А.И. Шмаков, Т.М. Копытина. Барнаул: Концепт, 2016. С. 68–70.
4. Соколова Г.Г., Камалтдинова Г.Т. Флуктуирующая асимметрия листовой пластинки клевера ползучего при оценке стабильности развития // Известия Алтайского государственного университета. Биологические науки. 2011. Т. 3–1. С. 40–43.
5. Горшкова Т.А. Оценка возможности использования клевера ползучего (*Trifolium repens* L.) для биоиндикации антропогенного нарушения среды // Известия Самарского научного центра РАН. 2012. Т. 14, № 1. С. 69–73.
6. Левицкий С.Н. Генетический полиморфизм в популяциях *Trifolium repens*, произрастающих в условиях различной антропогенной нагрузки территорий // Фундаментальные исследования. 2013. № 4. С. 108–111.

7. Carlsson G., Huss-Danell K. Nitrogen fixation in perennial forage legumes in the field // Plant and soil. 2003. Vol. 253. P. 353–372.
8. Andrae J. White clover establishment and management guide // University of Georgia Cooperative Extension Bulletin. 2016. Vol. 1251. 10 p.
9. Коровкин О.А. Биоморфологические особенности вегетативно-подвижных растений // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2013. Вып. 6. С. 57–67.
10. Полуянова В.И., Федорова С.В. Экспериментальные исследования формирования клона *Trifolium repens* (Fabaceae) // Растительные ресурсы. 2004. Т. 40, № 4. С. 50–56.
11. Макаров А.А. Лекарственные растения Якутии. Якутск: Изд-во «Якутскнигоиздат», 1970. 180 с.
12. Абрамчук А.В., Карпунин М.Ю. Эффективность применения клевера (*Trifolium* L.) в лечении различных заболеваний // Вестник биотехнологии. 2019. № 3 (20). С. 16.
13. Mikhailov A.L., Timofeeva O.A., Ogorodnova U.A., Stepanov N.S. Comparative analysis of biologically active substances in *Trifolium pratense* and *Trifolium repens* depending on the growing conditions // Journal of Environmental Treatment Techniques. 2019. Special Issue on Environment, Management and Economy. P. 873–876.
14. Дренин А.А., Ботиров Э.Х. Флавоноиды и изофлавоноиды растений рода *Trifolium* L. Структурное разнообразие и биологическая активность // Химия растительного сырья. 2017. № 3. С. 39–53.
15. Ландшафты Республики Татарстан. Региональный ландшафтно-экологический анализ / под ред. проф. О.П. Ермолаева. Казань: Изд-во «Слово», 2007. 411 с.
16. Ермолаев О.П., Игонин М.Е. Ландшафтное районирование и картографирование региона Среднего Поволжья // Георесурсы. 2006. Т. 2 (19). С. 20–23.
17. Голуб В.Б. Использование геоботанических описаний в качестве коллекции образцов для классификации растительности // Растительность России. 2011. № 17–18. С. 70–83.
18. Злобин Ю.А. Принципы и методы изучения ценологических популяций растений. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1989. 145 с.
19. Schaffers A.P., Sykora K.V. Reliability of Ellenberg indicator values for moisture, nitrogen and soil reaction: a comparison with field measurements // Journal of Vegetation Science. 2000. Vol. 11 (2). P. 225–244.
20. Зубкова Е.В., Ханина Л.Г., Грохлина Т.И., Дорогова Ю.А. Компьютерная обработка геоботанических описаний по экологическим шкалам с помощью программы EcoscaleWin: учеб. пособие. Йошкар-Ола: Марийский гос. ун-т, 2008. 96 с.
21. Экологические шкалы и методы анализа экологического разнообразия растений / под общ. ред Л.А. Жуковой. Йошкар-Ола: Изд-во Марийского ун-та, 2010. 368 с.
22. Марков М.В. Популяционная биология растений. М.: Изд-во «Товарищество научных изданий КМК», 2012. 387 с.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Республики Татарстан в рамках научного проекта № 18-44-160015.

**ECOLOGY AND STRUCTURE OF *TRIFOLIUM REPENS* L. COENOPOPULATIONS
ON THE TERRITORY OF TATARSTAN**

© 2020

Prokhorenko Nina Borisovna, candidate of biological sciences,
associate professor of Botany and Plant Physiology Department

Kadyrova Luisa Ravilevna, candidate of biological sciences,
associate professor of Botany and Plant Physiology Department

Demina Galina Vladimirovna, candidate of biological sciences,
associate professor of Botany and Plant Physiology Department

Kazan (Volga Region) Federal University (Kazan, Russian Federation)

Abstract. This paper deals with the morphological variability of plants as well as the composition and structure of *Trifolium repens* L. coenopopulations as a valuable honey plant, an agricultural plant and the plant which is used in medicine. This plant is rich with ascorbic acid, carotene, contains alkaloids, glycosides and other substances. *T. repens* coenopopulations with difference in density and structure are formed under the influence of ecological and coenotic conditions. Eleven *T. repens* coenopopulations in various landscape regions in the Republic of Tatarstan were analyzed. Environmental factors characterizing habitats, plant morphological status by 9 parameters, density and vitality structure of coenopopulations were investigated. The results showed that slightly acidic, fresh soils with an above average mineral content are formed in the subtaiga subzone. In the composition of the broad-leaved subzone, the degree of soil moisture decreases to fresh and periodically dry, the content of mineral nitrogen increases from average in the north to higher than the average in the south, soil acidity, on the contrary, decreases from slightly acidic to neutral. The habitat conditions that developed in the north of the broad-leaved subzone are most optimal for the development of *T. repens* coenopopulations, because plants in these conditions have the largest biomass parameters. This allows us to recommend collecting *T. repens* coenopopulations in the north of the broad-leaved subzone for medical purposes.

Keywords: Republic of Tatarstan; landscape subzones; *Trifolium repens* L.; habitat conditions; ecological scales of G. Ellenberg; morphometric parameters; density of coenopopulation; vitality structure of coenopopulation; reproductive effort.