УДК 574.3 + 582.992
DOI: 10.24412/2072-8816-2025-19-2-41-51

ЭКОЛОГО-ФИТОЦЕНОТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕСТООБИТАНИЙ *CONVALLARIA MAJALIS* L. (ASPARAGACEAE JUSS.) НА ТЕРРИТОРИИ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

© 2025 А.В. Вольховский*, Н.А. Медведева

Ботанический институт имени В.Л. Комарова РАН
ул. Профессора Попова, 2В, г. Санкт-Петербург, 197022, Россия
**e-mail: volart86@mail.ru*

Аннотация. В настоящем исследовании приводятся результаты фитоиндикации растительных сообществ с ландышем майским (*Convallaria majalis* L.) на основе диапазонных экологических шкал Д.Н. Цыганова, дополненные агрохимическими параметрами почв. Отмечены два типа ассоциаций (*Pinetum herboso-convallariosum* и *Festuceto pratensis–Dactyletum glomeratae*), в которых максимальна урожайность надземной фитомассы *C. majalis*. Выявлена сильная положительная связь между величиной pH и урожайностью надземной фитомассы *C. majalis*. Проведена кластеризация фитоценозов по видовому составу и ординация по эдафо-климатическим факторам. Определены значения потенциальной и реализованной экологических валентностей по 10 абиотическим факторам, индекс толерантности к их сочетаниям в каждом экотопе, на основании чего сделан вывод о мезобионтности *C. majalis* в естественных фитоценозах на территории Ленинградской области.

Ключевые слова: *Convallaria majalis*, ценопопуляция, фитоценоз, фитоиндикация, урожайность надземной фитомассы, абиотические факторы, потенциальная и реализованная экологические валентности, Ленинградская область

Поступила в редакцию: 20.03.2025. **Принято к публикации:** 10.04.2025.

Для цитирования: Вольховский А.В., Медведева Н.А. 2025. Эколого-фитоценотическая характеристика местообитаний *Convallaria majalis* L. (Asparagaceae Juss.) на территории Ленинградской области. — Фиторазнообразие Восточной Европы. 19(2): 41–51. DOI: 10.24412/2072-8816-2025-19-2-41-51

Введение

Ландыш майский (*Convallaria majalis* L.) – длиннокорневищный травянистый поликарпик, геофит, мезофит, неморальный вид, который в эпоху голоцена расширил свой ареал, благодаря значительной экологической толерантности, и может считаться неморально-бореальным голарктическим (Agafonov et al., 2019). Фактически адаптациогенез *C. majalis* L. приходится на поздний пребореал (11,27–11,21 тыс. л. н.), когда произошёл сдвиг от континентального к более гумидному климату, отмеченный увеличением доли березовых лесов в растительном покрове Евразии, а в конце позднего пребореала – расселением сосны (Bos et al., 2007). Поэтому в литературе можно встретить характеристику *C. majalis* как пребореального вида с дизъюнктивным ареалом (Suleimanova et al., 2014). Благодаря содержанию в лекарственном растительном сырье карденолидов, флавоноидов, а также летучих соединений, составляющих основу эфирного масла цветков, *C. majalis* является ценным фармакопейным растением (Yakovlev et al., 2013, *Convallaria*…, 2014). На территории Ленинградской области *C. majalis* встречается почти во всех типах лесных ассоциаций, включая ельники (Volkova et al., 2018), а также в составе луговых фитоценозов и в поймах рек. Ввиду различий эдафо-фитоценотических условий, в которых произрастает *C. majalis*, его стратегия освоения среды обитания и роль в растительных сообществах меняется от ассектатора до кодоминанта и доминанта (Karpova, 2004). Соответственно меняются морфометрические показатели растений и демографические характеристики его ценопопуляций (ЦП).

Целью нашего исследования является анализ эколого-фитоценотических условий местообитаний *C. majalis* для выявления фитоценозов с наибольшей продуктивностью надземной фитомассы, которые могли бы представлять ресурсное значение.

Материал и методы

Исследования проводились на территории Гатчинского, Лужского, Киришского, Выборгского, Приозерского и Волосовского р-нов Ленинградской обл. Для сравнения выбраны 10 ЦП *C. majalis* в доступных для сбора фитоценозах (ФЦ). Данные получены за вегетационный сезон 2024 г. В пределах ЦП закладывалось по 15 учетных площадок по 1 м^2 таким образом, чтобы была представлена пространственная неоднородность и точность определения экологической плотности ЦП составляла около 15% (Andreeva et al., 2002). В качестве счетной единицы принимали парциальный побег (Dushina et al., 2020). Геоботанические описания фитоценозов производили по методике О.В. Смирновой с соавторами (Smirnova et al., 2002). Экологические амплитуды действия факторов среды определялись методом регрессионного анализа (Buzuk et al., 2007) с использованием шкал Д.Н. Цыганова (Tsyganov, 1983) в программе «Microsoft Excel». Кладистический анализ сходства видового состава ФЦ с использованием коэффициента П. Жаккара и ординацию экотопов методом главных компонент проводили с помощью программы «Past4». Потенциальную (PEV) и реализованную (REV) экологические валентности вида, коэффициент экологической эффективности ($K_{ec.eff.}$) и индекс толерантности (It) рассчитывали по Л.А. Жуковой (Zhukova, 2004a). Сбор и сушку растений производили, согласно общепринятой методике: надземную фитомассу фиксировали при 50 °C и раскладывали в хорошо проветриваемом помещении (Yakovlev et al., 2013), взвешивали на электронных весах с точностью до 0.01 г. Отбор верхнего слоя почвы (корнеобитаемой зоны) проводили методом конверта. Агрохимический анализ почвы проводили по методам ИЛ ЦИНАО ВНИИ агрохимии им. Д.Н. Прянишникова, в т.ч. определение подвижных форм фосфора и калия по А.Т. Кирсанову, нитратного азота ионометрическим методом, гранулометрического состава ситовым методом. Номенклатура сосудистых растений приводится по С.К. Черепанову (Czerepanov, 1995), мохообразных по М.С. Игнатову (Ignatov et al., 2003).

Результаты и обсуждение

В исследованных ФЦ с *C. majalis* на территории Ленинградской области ассоциированы 135 видов высших сосудистых растений. Наиболее близкие по видовому составу ассоциации объединяются в кластеры на основе коэффициента сходства Жаккара (рис. 1).

Исследованные ФЦ расположены в пределах Гатчинского р-на, близ пгт. Вырица (ФЦ1 и 2), охотничьего хозяйства «Мичуринское» Лужского р-на (ФЦ 3 и 4), дачного пос. Посадников остров Киришского р-на (ФЦ5 и 6), песчано-валунной косы близ пос. Барышево Выборгского р-на (ФЦ7 и 8), на о. Олений озёрно-речной системы Вуокса Приозерского р-на (ФЦ9) и близ д. Донцо Волосовского р-на (ФЦ10) Ленинградской области. В качестве кодоминантов травяно-кустарничкового яруса в лесных сообществах чаще всего отмечены *Vaccinium myrtillus* L., *V. vitis-idea* L., *Rubus saxatilis* L., *Fragaria vesca* L., *Melampyrum nemorosum* L., *Maianthemum bifolium* (L.) F. W. Schmidt, *Luzula pilosa* (L.) Willd., *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth. В составе ФЦ4 обнаружены ЦП двух видов из Красной книги Ленинградской области: *Pulsatilla patens* (L.) Mill. и *P. pratensis* (L.) Mill. В луговом фитоценозе (ФЦ10) доминировали злаки *Festuca pratensis* Huds. и *Dactylis glomerata* L. Также в фитоценозах с *C. majalis* было выявлено 18 видов бриевых мхов, среди которых *Rhytidiadelphus triquetrus* (Hedw.) Warnst., *Climacium dendroides* (Hedw.) Web. et Mohr, *Hylocomium splendens* (Hedw.) Schimp., *Hypnum cupressiforme* Hedw., *Dicranum polysetum* Sw., *Plagiomnium cuspidatum* (Hedw.) T. Kop., *Pleurozium schreberi* (Willd. ex Brid.) Mitt. и др.

По итогам сбора геоботанических и агрохимических данных определён тип ассоциаций с *C. majalis*, значения экологической плотности и урожайности надземной фитомассы исследуемого лекарственного растения (табл. 1). Для всех изученных лесных сообществ составлена формула на основе типологии естественных лесов А.Л. Бельгарда (Belgard, 1971) в модификации Н.М. Матвеева (Matveev, 2015). Среди всех исследованных ФЦ максимальная экологическая плотность (*D*) и урожайность надземной фитомассы (*A*) *C. majalis* отмечена для лугового

сообщества (ФЦ10). Высокой урожайностью сухой фитомассы отличаются сосняки Лужского и Выборгского р-нов (ФЦ4, 8), а также осинник в Приозерском р-не на о. Олений (ФЦ9).

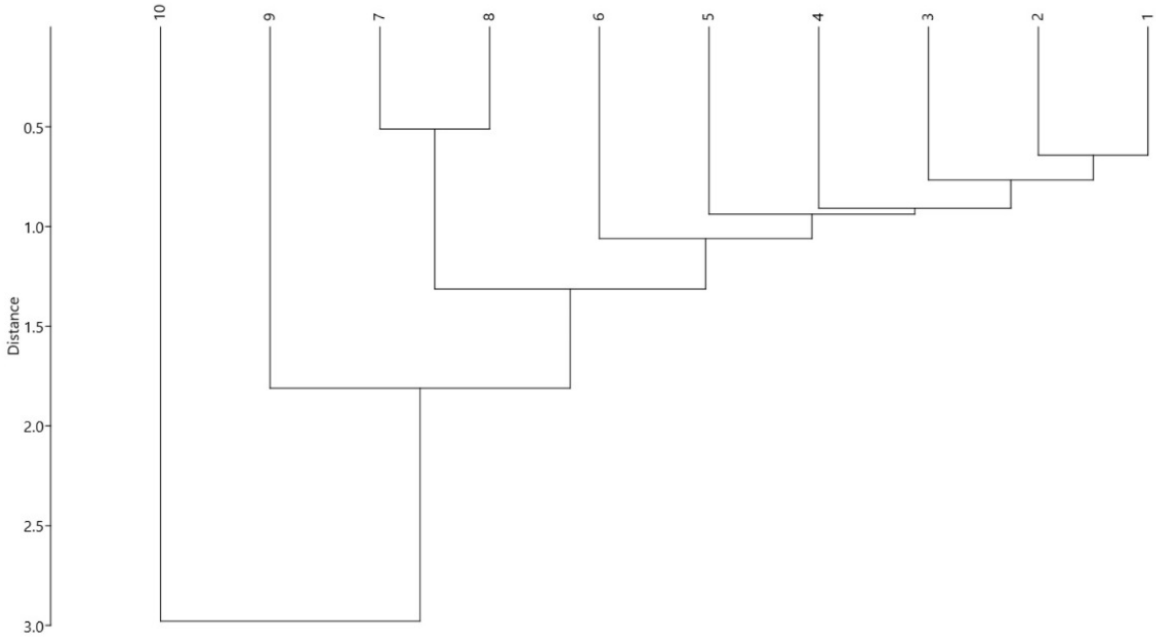

Рис. 1. Дендрограмма сходства фитоценозов с *C. majalis* по видовому составу. По горизонтали – номер фитоценоза; по вертикали – межкластерное расстояние.

Fig. 1. Dendrogram of similarity of phytocenoses with *C. majalis* by species composition. X-axis – phytocenosis number; y-axis – interclaster distance.

Таблица 1. Биоэкологическая характеристика фитоценозов с *C. majalis*, экологическая плотность ценопопуляций и урожайность его надземной фитомассы

Table 1. Phytocenoses with *C. majalis* bioecological characteristics, cenopopulations ecological density, and the aboveground phytomass raw material

ФЦ FC	Тип ассоциации Assotiation type	Типологическая формула Typological formula	*D*, шт./м^2 shoots/m^2	*A*, г/м^2 g/m^2	$S_{ЦП}$, м^2 m^2
1	*Pinetum myrtilloso-convallariosum*	$ДПЗ\,\frac{СГ_2}{п/_{осв._к.}-\,II}\,8С2Б$	72.3 ± 7.6	34.9 ± 10.3	742
2	*Pinetum myrtilloso-calamagrostidoso-sphagnosum*	$ДПЗ\,\frac{СГ_3}{п/_{осв.}-\,II}\,9С1Б+Ос$	121.0 ± 11.0	47.9 ± 12.7	745
3	*Pinetum myrtilloso-oxalidosum var. avenellosum flexuosum*	$ДПЗ\,\frac{П_3}{п/_{осв.}-\,II}\,9С1Е$	156.5 ± 13.7	55.6 ± 13.4	850
4	*Pinetum herboso-convallariosum*	$ДПЗ\,\frac{СП_3}{осв.-\,II}\,9С1Е$	178.3 ± 15.3	81.9 ± 16.1	220
5	*Betuletum ruboso saxatilis varioherbosum*	$ДПЗ\,\frac{СГ_3}{п/_{осв.}-\,III}\,8Б1С$	50.0 ± 10.3	30.5 ± 11.5	118
6	*Tremuletum ruboso-saxatilis convallariousum*	$ДПЗ\,\frac{СГ_3}{п/_{осв.}-\,II}\,7Ос2Б1Е$	69.0 ± 22.3	26.1 ± 10.9	335

Продолжение таблицы 1

ФЦ FC	Тип ассоциации Assotiation type	Типологическая формула Typological formula	*D*, шт./м^2 shoots/m^2	*A*, г/м^2 g/m^2	$S_{ЦП}$, м^2 m^2
7	*Pinetum herboso-convallariosum*	$ДПЗ\frac{СП_4}{п/_{осв.}-II}10С$	126.6 ± 11.7	53.7 ± 12.3	29
8	*Pinetum herboso-convallariosum*	$СрПЗ\frac{СП_4}{п/_{осв.}-II}10С$	221.0 ± 15.3	98.5 ± 18.7	53
9	*Tremuletum convallarioso-pteridiosum*	$ДПЗ\frac{СП'_4}{п/_{осв.}-II}9Ос1С$	196.7 ± 13.7	81.4 ± 13.9	1200
10	*Festuceto pratensis–Dactyletum glomeratae*	$ДК\frac{СГ_2}{осв.}$	520.0 ± 10.2	265.1 ± 21.8	180

Примечание: ФЦ – фитоценоз, ДПЗ – дерново-подзолистая, СрПЗ – средне-подзолистая, ДК – дерново-карбонатная почва, П – песок, СП – супесь, СГ – суглинок, ′ – кратковременное подтопление, индексы – характеристики влажности почвы (2 – свежий; 3 – влажный; 4 – сырой), II – стадия смыкания, III – стадия изреживания деревьев, 9С1Б+Ос – формула древостоя, D – экологическая плотность, A – урожайность надземной фитомассы, $S_{ЦП}$ – площадь ценопопуляций *C. majalis*.

Note: FC – phytocenosis, DPZ – sod-podzolic, SrPZ – medium-podzolic, DK – sod-carbonate soil, P – sand, SP – sandy loam, SG – loam, ' – short-term flooding, indices – soil moisture characteristics (2 – fresh; 3 – wet; 4 – damp), II – stage of closure, III – stage of tree thinning, 9С1Б+Ос – stand formula, *D* – ecological density, *A* – yield of aboveground phytomass, S_{CP} – area of *C. majalis* cenopopulations area.

Фитоиндикация с использованием уравнений линейной регрессии минимальных и максимальных значений экологических шкал Д.Н. Цыганова показывает в основном высокую степень освоения экологического пространства местообитаний фитоценозами, сравниваемыми в данной работе (табл. 2). Чем ниже значение ранга, тем более точно наличие определенного вида характеризует экотоп: стенобионтные виды являются лучшими индикаторами (Buzuk et al., 2009).

Таблица 2. Значения диапазона экологических шкал для фитоценозов с *C. majalis*

Table 2. Range of ecological scales for phytocenoses with *C. majalis*

ФЦ FC	Tm (1-17)	Kn (1-15)	Om (1-15)	Cr (1-15)	Hd (1-23)	Tr (1-19)	Nt (1-11)	Rc (1-13)	Lc (1-9)	fH (1-11)
1	7.5	7.4	8.4	10.4	12.4	4.1	5.3	5.7	2.8	4.0
2	7.2	6.7	8.5	9.8	12.2	1.1	3.1	3.1	3.4	2.7
3	7.2	7.8	8.4	9.3	13.4	1.9	3.0	4.9	1.6	5.1
4	7.3	7.9	9.0	8.6	12.6	2.8	4.4	5.4	4.0	5.3
5	8.4	7.0	8.3	9.6	13.4	2.5	5.7	7.0	2.3	4.5
6	7.1	5.8	8.8	8.8	14.1	1.7	6.2	6.3	4.0	4.5
7	6.7	6.1	9.0	8.2	13.6	3.0	5.9	5.9	2.8	3.4
8	6.2	5.5	8.6	8.4	13.8	3.3	7.5	6.2	2.7	4.0
9	7.8	7.0	7.4	9.5	12.9	3.4	5.4	5.5	3.5	5.0
10	7.1	7.4	8.6	8.4	10.9	3.6	3.6	3.2	3.2	5.9
Max	12	12	11	11	18	8	7	11	7	7
Min	5	3	7	5	8	1	3	1	3	3

Примечание: ФЦ – фитоценоз; Min и Max – значения диапазона оптимального воздействия фактора по шкале Д.Н. Цыганова для *C. majalis*. Экологические шкалы: Tm – температурный режим, Kn – континентальность, Om – омброклиматическая, Cr – криоклиматическая, Hd – увлажнение почв, Tr – трофность, Nt – нитрификация, Rc – кислотность, Lc – освещённость, fH – переменность увлажнения.

Note: FC – phytocenosis; Min and Max are the values of the optimal range of the factor impact according to the scale of D.N. Tsyganov for *C. majalis*. Ecological scales: Tm – temperature regime, Kn – continentality, Om – ombroclimatic, Cr – cryoclimatic, Hd – soil humidity, Tr – trophicity, Nt – nitrification, Rc – acidity, Lc – illumination, fH – humidification.

Данные агрохимического анализа почвы под исследованными ФЦ конкретизируют эдафическую составляющую совокупности абиотических факторов местообитаний *C. majalis* (табл. 3). При этом прослеживается очень тесная положительная связь между кислотностью солевого экстракта почвы и урожайностью надземной фитомассы (коэффициент ранговой корреляции Спирмена $K_S = 0.89$, $\rho = 0.01$).

Концентрация обменного калия в исследованных образцах почвы варьировала от очень низкой (ФЦ4) в песчаной почве под сосновым лесом с участием ели до высокой в почве на подтопляемой прибрежной части о. Олений (ФЦ9). В основных образцах содержание калия среднее или повышенное (ФЦ1, 5, 6, 10). Прослеживается слабая положительная связь между содержанием в почве обменного калия и урожайностью ($K_S = 0.39$). Так как калий является одним из основных элементов минерального питания, его доступность вносит вклад в почвенное плодородие. Данные табл. 2 указывают на довольно низкий ранг трофности почвы в исследованных фитоценозах относительно всего диапазона шкалы и максимального балла для *C. majalis*. Таким образом, несмотря на толерантность к обеднённости субстрата элементами минерального питания, *C. majalis* для развития наибольшей фитомассы требует почв, богатых обменным калием.

Таблица 3. Агрохимические показатели почв под исследованными фитоценозами

Table 3. Agrochemical parameters of soils in the studied phytocenoses

ФЦ FC	pH	Орг. в-во, % Organic Matter	Фосфор подвижный, мг/кг Mobile phosphorus, mg/kg	Калий обменный, мг/кг Exchang. potassium, mg/kg	Азот (NO_3^-), мг/кг Nitrate nitrogen, mg/kg	Азот (NH_4^+), мг/кг Ammonium nitrogen, mg/kg	Част. < 0.01 мм, % Gran. < 0.01 mm
1	3.6	8.89 ± 0.8	26.0 ± 4.2	123.0 ± 32.5	5.6 ± 1.1	19.3 ± 1.1	21.5
2	3.6	6.50 ± 0.6	142.4 ± 28.5	83.9 ± 12.6	10.2 ± 2.0	0.5 ± 0.2	28.2
3	3.7	6.7 ± 0.7	110.5 ±22.1	77.5 ± 15.5	1.4 ± 0.4	6.9 ± 1.0	7.6
4	3.7	4.1 ± 0.6	54.5 ± 10.9	33.3 ± 6.7	2.1 ± 0.6	7.5 ± 1.1	17.9
5	3.3	11.9 ± 1.2	14.5 ± 5.1	150.0 ± 22.5	9.1 ± 2.7	6.5 ± 1.0	23.5
6	3.4	6.3 ± 0.6	8.0 ± 1.4	133.5 ± 17.6	0.5 ± 0.1	16.0 ± 5.2	24.7
7	4.0	13.0 ± 1.3	197.0 ± 39.4	112.6 ± 16.9	4.7 ± 1.4	5.8 ± 0.9	17.2
8	4.1	11.1 ± 1.1	103.5 ± 20.7	105.0 ± 15.8	6.6 ± 2.0	6.8 ± 1.0	17.0
9	5.1	8.0 ± 0.8	121.0 ± 24.2	269.7 ± 40.5	47.1 ± 9.4	3.1 ± 0.5	19.8
10	7.0	8.0 ± 0.8	3.5 ± 1.2	139.4 ± 20.9	47.7 ± 9.5	1.2 ± 0.2	27.7

Примечание: ФЦ – фитоценоз; для pH и гранулометрического состава почвы ошибка среднего арифметического составила 0.1.

Note: FC – phytocenosis; for pH and soil granulometric composition, the error of the arithmetic mean was 0.1.

Из данных табл. 3 видно, что почва под исследованными фитоценозами различается по богатству основными элементами минерального питания. Наименьшее содержание подвижного фосфора отмечено для дерново-карбонатной луговой почвы (ФЦ10), что объясняется связыванием фосфата ионами кальция и переходом в нерастворимые формы при нейтральной реакции почвенного раствора. Несмотря на низкую доступность фосфора, *C. majalis* здесь развивает наибольшую урожайность надземной фитомассы при наибольшем числе парциальных побегов. Вероятно, доступность фосфора не оказывает существенного влияния на полноценное развитие надземных побегов. Также низкое содержание фосфатов отмечено для дерново-подзолистой почвы под осинником (ФЦ6), где фиксировалась наименьшая урожайность надземной фитомассы (табл. 1). Повышенное содержание доступных растениям фосфатов определено для ФЦ2, 3, 8, 9, высокое их содержание показали образцы почвы из ФЦ7. Корреляционный анализ не выявил достоверной связи между содержанием подвижного фосфора и урожайностью. Не найдено сколько-нибудь заметной связи урожайности с содержанием нитратов и аммония в почве. Наиболее богата нитратами луговая почва из Волосовского р-на и супесь с заливаемой во время весеннего паводка части о. Олений Приозерского района. Высокое содержание нитратов в первом случае типично для луговых фитоценозов, а во втором оно объясняется обогащением почвы органическим веществом речных наносов в сочетании с деятельностью микроорганизмов, в том числе нитрифицирующих бактерий.

Таблица 4. Потенциальные и реализованные экологические валентности, коэффициенты экологической эффективности ($K_{ec.eff.)}$) и индексы толерантности (It) *C. majalis* по экологическим шкалам Д.Н. Цыганова

Table 4. Potential and realized ecological valences, coefficients of ecological efficiency ($K_{ec.\ eff.}$) and tolerance indices (It) of *C. majalis* according to the ecological scales of D.N. Tsyganov

ФЦ FC	Параметры экотопа Ecotope parameters	Экологические шкалы The ecological scales									
		Tm	Kn	Om	Cr	Hd	Tr	Nt	Rc	Lc	fH
1	PEV	0.52	0.72	0.41	0.54	0.39	0.40	0.66	0.66	0.75	0.48
	REV	0.46	0.65	0.34	0.48	0.35	0.34	0.57	0.59	0.64	0.39
	$K_{ec.eff.}$	0.89	0.90	0.84	0.88	0.89	0.87	0.86	0.89	0.85	0.81
	It	0.55									
2	PEV	0.53	0.76	0.45	0.62	0.41	0.41	0.65	0.76	0.78	0.52
	REV	0.47	0.69	0.38	0.55	0.37	0.36	0.56	0.69	0.67	0.43
	$K_{ec.eff.}$	0.89	0.91	0.85	0.89	0.89	0.87	0.86	0.90	0.86	0.83
	It	0.59									
3	PEV	0.51	0.69	0.43	0.53	0.41	0.42	0.59	0.66	0.74	0.45
	REV	0.45	0.62	0.36	0.47	0.37	0.37	0.50	0.59	0.63	0.36
	$K_{ec.eff.}$	0.89	0.90	0.85	0.88	0.89	0.88	0.85	0.89	0.85	0.80
	It	0.54									
4	PEV	0.52	0.70	0.46	0.57	0.39	0.45	0.58	0.66	0.69	0.47
	REV	0.46	0.64	0.39	0.50	0.35	0.40	0.49	0.58	0.58	0.38
	$K_{ec.eff.}$	0.89	0.91	0.86	0.88	0.89	0.89	0.88	0.84	0.88	0.81
	It	0.55									
5	PEV	0.53	0.71	0.46	0.58	0.37	0.43	0.65	0.69	0.75	0.49
	REV	0.48	0.64	0.39	0.52	0.33	0.38	0.56	0.62	0.64	0.40
	$K_{ec.eff.}$	0.89	0.91	0.86	0.89	0.89	0.88	0.86	0.89	0.85	0.82
	It	0.57									
6	PEV	0.53	0.72	0.41	0.59	0.38	0.43	0.61	0.71	0.72	0.50
	REV	0.47	0.66	0.35	0.52	0.33	0.37	0.52	0.63	0.61	0.41
	$K_{ec.eff.}$	0.89	0.91	0.84	0.89	0.89	0.88	0.85	0.89	0.85	0.82
	It	0.56									

Продолжение таблицы 4

ФЦ FC	Параметры экотопа Ecotope parameters	Экологические шкалы The ecological scales									
		Tm	Kn	Om	Cr	Hd	Tr	Nt	Rc	Lc	fH
7	PEV	0.56	0.76	0.49	0.61	0.38	0.43	0.64	0.65	0.76	0.45
	REV	0.50	0.69	0.42	0.54	0.34	0.38	0.55	0.57	0.65	0.36
	$K_{ec.eff.}$	0.90	0.91	0.87	0.89	0.89	0.88	0.86	0.88	0.86	0.80
	It	0.57									
8	PEV	0.57	0.77	0.51	0.60	0.41	0.43	0.65	0.68	0.76	0.46
	REV	0.51	0.71	0.44	0.54	0.36	0.38	0.56	0.60	0.65	0.37
	$K_{ec.eff.}$	0.90	0.91	0.87	0.89	0.89	0.88	0.86	0.89	0.85	0.81
	It	0.58									
9	PEV	0.54	0.75	0.50	0.60	0.39	0.41	0.65	0.68	0.75	0.48
	REV	0.48	0.68	0.44	0.54	0.35	0.36	0.56	0.60	0.64	0.39
	$K_{ec.eff.}$	0.89	0.91	0.87	0.89	0.89	0.87	0.86	0.88	0.85	0.81
	It	0.57									
10	PEV	0.72	0.68	0.43	0.54	0.41	0.47	0.61	0.72	0.56	0.49
	REV	0.64	0.61	0.37	0.47	0.37	0.42	0.52	0.64	0.45	0.40
	$K_{ec.eff.}$	0.89	0.90	0.85	0.88	0.90	0.89	0.85	0.89	0.80	0.82
	It	0.56									

Примечание: PEV – потенциальная экологическая валентность, REV – реализованная экологическая валентность, $K_{ec.eff.}$ – коэффициент экологической эффективности, It – индекс толерантности.

Note: PEV – potential ecological valence, REV – realized ecological valence, $K_{ec.eff.}$ – coefficient of ecological efficiency, It – tolerance index.

Значения PEV указывают на степень приспособленности ЦП *C. majalis* к изменению конкретного экологического фактора (табл. 4). Стеновалентными считаются виды, занимающие до 30% шкалы, эвривалентными – более 60% шкалы, остальные виды относятся к мезовалентным (МВ), которые подразделяются на гемистено- (ГСВ), мезо- (МВ) и гемиэвривалентные (ГЭВ) группы (Zhukova, 2004b, Getmanets, 2016). Как видно из данных табл. 4, по отношению к режиму увлажнения, трофности и влажности почвы *C. majalis* можно рассматривать как мезогемиэвривалентный, по отношению к температурному режиму и криоклиматической шкале как гемиэвривалентный, по отношению к остальным абиотическим факторам как эвривалентный вид.

Высокие значения $K_{ec.eff.}$ (0.81 – 0.91) по всем учтённым эдафо-климатическим факторам указывают на приближение реализованной экологической ниши ЦП *C. majalis* к фундаментальной. Это говорит о благоприятном для данного вида сочетании экологических факторов в его местообитаниях. ЦП *C. majalis* охватывают довольно широкий диапазон амплитуд 10 абиотических факторов. Значения 0.54 – 0.59 индекса толерантности (It) указывают на мезобионтность *C. majalis* по отношению к данному сочетанию факторов в исследованных местах его произрастания (Polyanskaya, 2007).

О положении фитоценозов ценопопуляций *C. majalis* в системе двух главных компонент даёт представление рис. 2. Две первых главных компоненты берут на себя 66,5% дисперсии рангов фитоценозов по экологическим шкалам (49% приходится на 1 компоненту, 17,5% – на вторую). Отдельные переменные представлены в виде векторов на biplot-графике и отражают корреляцию с главными компонентами (осями). Переменные, связанные со свойствами почвы (Rc, Nt, Hd), положительно скоррелированы с главной компонентой 1. Векторы шкал Tr, Kn, Tm и fH положительно скоррелированы с главной компонентой 2. Расстояние между точками характеризует удалённость фитоценозов по экологическим условиям. ФЦ1 и 9 характеризуются повышенной трофностью, ФЦ6 и 7 – повышенной влажностью почвы, ФЦ4 – выраженной континентальностью, ФЦ5 – повышенной кислотностью почвы и содержанием в ней нитратного азота. ФЦ6,7 и 8 имеют высокие положительные нагрузки (1.6…3.0) по 1 главной

компоненте. Следовательно, данные фитоценозы приурочены к районам с повышенной кислотностью, повышенным содержанием нитратного азота и почвенной влаги. ФЦ2 характеризуется минимальными значениями трофности, кислотности, обеспеченности нитратным азотом. Положительными нагрузками >1 по 2 главной компоненте отличаются ФЦ1, 9 и 10. Они приурочены к районам с более выраженной континентальностью, усиленным режимом увлажнения и повышенной трофностью почвы. При сравнении фитоиндикационных диапазонов соответствующих шкал с измеренными агрохимическими показателями не всегда отмечается их совпадение.

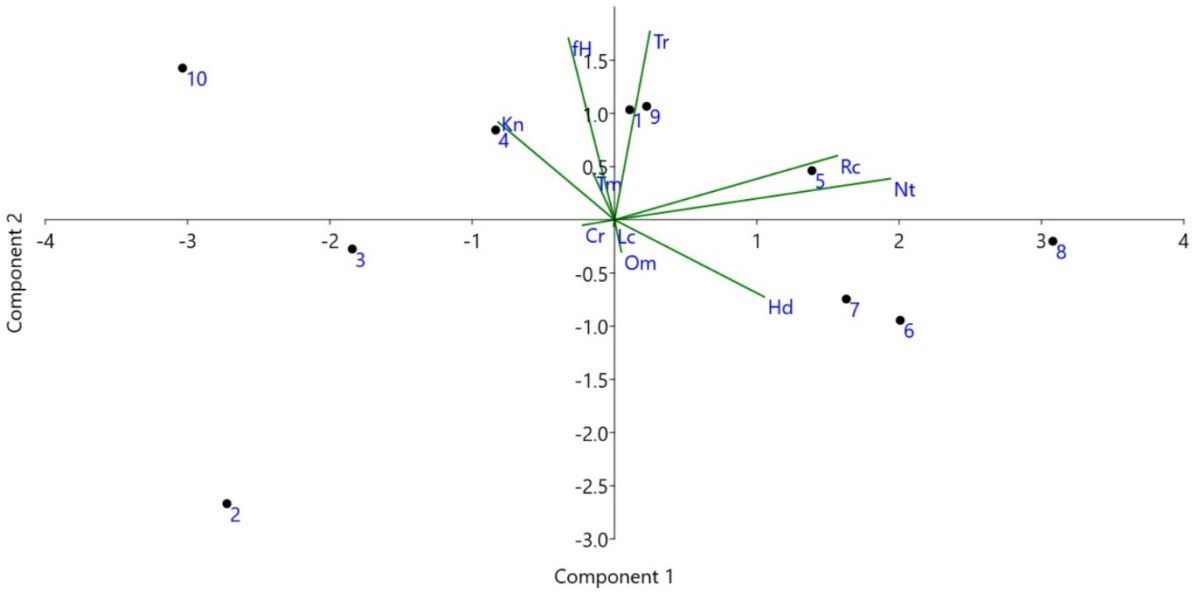

Рис. 2. Ординация исследованных фитоценозов, включающих *C. majalis*, в системе главных компонент.
Примечание: Индексы точек соответствуют номерам фитоценозов в табл. 1.

Fig. 2. Ordination of the studied phytocenoses including *C. majalis* in the principal components system (APC).
Note: The point indices correspond to the phytocenosis numbers in Table 1.

Заключение

Проведённые нами исследования фитоценозов с *C. majalis* позволили выявить ассоциации с наибольшей урожайностью надземной фитомассы данного лекарственного растения. На территории Ленинградской области это *Pinetum herboso-convallariosum* (Leonova, 2021) и *Festuceto pratensis–Dactyletum glomeratae* (Shushpannikova et al., 2014). Для более полного представления об эколого-фитоценотическом пространстве *C. majalis* был применён комплексный подход, сочетающий фитоиндикацию и агрохимический анализ почв. Он позволил характеризовать *C. majalis* в условиях Ленинградской области как мезовалентный по многим эдафо-климатическим факторам (по шкалам fH, Tr, Hd – мезогемиэвривалентный, по отношению Tm и Kn – гемиэвривалентный), а по отношению к остальным абиотическим факторам как эвривалентный и в целом мезобионтный вид, на урожайность надземной фитомассы которого существенно влияют кислотность почвенного раствора и трофность почвы.

Благодарности

Работа выполнена в рамках государственного задания (AAA-A19-119031290052-1) Ботанического института имени В.Л. Комарова РАН. Авторы выражают благодарность старшему научному сотруднику лаборатории лихенологии и бриологии БИН РАН, канд. биол. наук Л.Е. Курбатовой за помощь в определении мохообразных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[Agafonov et al.] Агафонов М.М., Н.С. Раков Н.С. 2019. Флора Присурского возвышенно-равнинного остепнённого физико-географического района с эрозионным ландшафтом и Засурского полесского физико-географического района смешанных лесов правобережья Ульяновской области. — Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 28 (3): 66–129. DOI 10.24411/2073-1035-2019-10242

[Andreeva, Bakkal] Андреева Е.Н., Баккал И.Ю. 2002. Методы изучения лесных сообществ. СПб. НИИХимии СПбГУ. 240 с.

[Belgard] Бельгард А.Л. 1971. Степное лесоведение. М.: Лесная промышленность. 336 с.

Bos J.A.A., van Geel B., van der Plicht J., Bohncke S.J.P. 2007. Preboreal climate oscillations in Europe: Wiggle-match dating and synthesis of Dutch high-resolution multi-proxy records. — Quaternary Science Reviews. (26): 1927–1950.

[Buzuk, Sozinov] Бузук Г.Н., Созинов О.В. 2007. Фитоиндикация: применение регрессионного анализа. — Вестник фармации. 7 (37): 44–54.

[Buzuk, Sozinov] Бузук Г.Н., Созинов О.В. 2009. Регрессионный анализ в фитоиндикации (на примере экологических шкал Д.Н. Цыганкова). — Ботаника (исследования). Минск: Право и экономика. (37) 356–362.

[Czerepanov] Черепанов С.К. 1995. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). СПб.: Мир и семья. 992 с.

Convallaria majalis L. Ландыш майский. — В кн.: Растительные ресурсы России: Дикорастущие цветковые растения, их компонентный состав и биологическая активность. Т. 6. СПб, М. 2014. 77–79.

[Dushina, Savinykh] Душина Е.Э, Савиных Н.П. 2020. О счётных единицах при изучении ценопопуляций *Convallaria majalis* L. в сосняках Медвежьего бора. — В кн.: Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: материалы XVIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Киров: Вятский государственный университет. С. 153–158.

[Getmanets, Serebrennikova] Гетманец И.А., Серебренникова Ю.А. 2016. Экологическая характеристика редких и исчезающих видов растений Челябинской области. — Вестник ТвГУ. Биология и экология. (2): 36–43.

[Ignatov, Ignatova] Игнатов М.С., Игнатова Е.А. 2003. Флора мхов средней части Европейской России. Т. 1. М.: 608 с.

[Karpova] Карпова О.А. 2004. Особенности структуры и развития ценопопуляций ландыша майского в условиях степного Заволжья. Дисс. … канд. биол. наук. Самара. 244 с.

[Leonova] Леонова Н.А. 2021. Сукцессионное состояние лесов верхнего плато приволжской возвышенности. — Russian Journal of Ecosystem Ecology. 6(2). DOI 10.21685/2500-0578-2021-2-3

[Matveev] Матвеев Н.М. 2015. Степные леса Заволжья. — Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 24 (4): 48–71.

[Polyanskaya] Полянская Т.А. 2007. Анализ экологической валентности видов растений бореальной эколого-ценотической группы. — В кн.: Актуальные проблемы геоботаники. III Всероссийская школа-конференция. II часть. Петрозаводск: КарНЦ РАН. 128–131.

[Smirnova et al.] Смирнова О.В., Ханина Л.Г., Бобровский М.В., Торопова Н.А., Заугольнова Л.Б. 2002. Руководство по полевой практике. Методы сбора и первичного анализа геоботанических и демографических данных. — Сохранение и восстановление биоразнообразия. Уч.-метод. издание. М. 109–144.

[Suleimanova, Egoshina] Сулейманова В.Н., Егошина Т.Л. 2014. Эколого-фитоценотическая характеристика *Convallaria majalis* L. в подзоне хвойно-широколиственных лесов Кировской области. — Вестник Удмуртского университета. 1: 49–56.

[Shushpannikova, Yamalov] Шушпанникова Г. С., Ямалов С. М. 1931. Луговая растительность пойм рек Вычегда и Печора. Порядок Arrhenatheretalia R. Tx. — Растительность России. (25): 89–115.

[Tsyganov] Цыганов Д.Н. 1983. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов. М.: Наука. 198 с.

[Volkova, Isachenko] Волкова Е.А., Исаченко Г.А. 2018. Еловые леса Ижорской возвышенности (Ленинградская область): типология и современное состояние. — Растительность России. (33): 41–52.

[Yakovlev et al.] Яковлев Г.П., Алексеева Г.М., Белодубровская Г.А. и др., 2013. Фармакогнозия. Лекарственное сырьё растительного и животного происхождения. СПб: СпецЛит. 847 с.

[Zhukova] Жукова Л.А. 2004a. Оценка экологической валентности основных экологоценотических групп: подходы и методы. — В кн.: Восточноевропейские леса: история в голоцене и современность: в 2 кн. Кн. 1. М. С. 256–259.

[Zhukova] Жукова Л.А. 2004b. Биоиндикационные оценки экологического разнообразия растительных сообществ и их компонентов. — Принципы и способы сохранения биоразнообразия: материалы Всероссийской научной конференции. Йошкар-Ола: Изд. Мар. гос. ун-та. С. 13–15.

ECOLOGICAL AND PHYTOCENOTIC CHARACTERISTICS OF *CONVALLARIA MAJALIS* L. (ASPARAGACEAE JUSS.) HABITAT IN THE LENINGRAD REGION

© 2025 A.V. Volkhovsky*, N.A. Medvedeva

Komarov Botanical Institute of RAS
2B, Prof. Popova Str., St. Petersburg, 197022, Russia
**e-mail: volart86@mail.ru*

Abstract. This study presents the results of phytoindication of plant communities with lily of the valley (*Convallaria majalis* L.) on the basis of D.N. Tsyganov's range ecological scales, supplemented by agrochemical parameters of soils. There are two types of associations (*Pinetum herboso-convallariosum* and *Festuceto pratensis–Dactyletum glomeratae*) in which the yield of the aboveground phytomass of the lily of the valley is maximal. A strong positive relationship was found between the pH value and the yield of *C. majalis*. Clustering of phytocenoses by species composition and ordination by edapho-climatic factors was carried out. The values of potential and realized ecological niches for 10 abiotic factors and the index of tolerance to their combinations in each ecotope were determined, on the basis of which a conclusion was made about the mesobiontness of the lily of the valley in natural phytocenoses in the Leningrad Region.

Key words: *Convallaria majalis*, cenopopulation, phytocenosis, phytoindication, productivity of aboveground phytomass, abiotic factors, ecological scales, potential and realized ecological valence, Leningrad region

Submitted: 20.03.2025. **Accepted for publication:** 10.04.2025.

For citation: Volkhovsky A.V., Medvedeva N.A. 2025. Ecological and phytocenotic characteristics of *Convallaria majalis* L. (Asparagaceae Juss.) habitat in the Leningrad region. — Phytodiversity of Eastern Europe. 19(2): 41–51. DOI: 10.24412/2072-8816-2025-19-2-41-51

Acknowledgments

The work was performed within the framework of the state assignment (aaaa1919031290052-1) of the Komarov Botanical Institute of RAS. The authors express their gratitude L.E. Kurbatova for her help in identifying mosses.

References

Agafonov M.M., N.S. Rakov N.S. 2019. Flora of the Prisursky upland-plain settled physico-geographical area with an erosive landscape and the Zasursky Polessky physico-geographical area of mixed forests on the right bank of the Ulyanovsk region. — Samara Luka: problems of regional and global ecology. 28 (3): 66–129. (In Russ.). DOI 10.24411/2073-1035-2019-10242

Andreeva E.N., Bakkal I.Y. 2002. Methods of studying forest communities. St. Petersburg State Institute of Chemistry of St. Petersburg State University. 240 p. (In Russ.).

Belgard A.L. Steppe forestry. Moscow: Forest Industry, 1971. 336 p. (In Russ.).

Bos J.A.A., van Geel B., van der Plicht J., Bohncke S.J.P. 2007. Preboreal climate oscillations in Europe: Wiggle-match dating and synthesis of Dutch high-resolution multi-proxy records. — Quaternary Science Reviews. (26): 1927–1950.

Buzuk G.N., Sozinov O.V. 2007. Phytoindication: application of regression analysis. — Bulletin of Pharmacy. 7 (37): 44–54. (In Russ.).

Buzuk G.N., Sozinov O.V. 2009. Regression analysis in phytoindication (using the example of D.N. Tsygankov's ecological scales). — Botany (research). Minsk: Law and Economics. (37) 356–362. (In Russ.).

Czerepanov S.K. 1995. Vascular plants of Russia and neighboring countries (within the former USSR). St. Petersburg: Mir i semya. 992 p. (In Russ.).

Convallaria majalis L. Lily of the Valley of the May. In: Plant Resources of Russia: Wild flowering plants, their component composition and biological activity. Vol. 6. St. Petersburg, M. 2014. 77–79. (In Russ.).

Dushina E.E., Savinykh N.P. 2020. On counting units in the study of cenopopulations of *Convallaria majalis* L. in the pine forests of Medvezhy Bor. — Biodiagnostics of the state of natural and man-made systems. Materials of the XVIII All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation. Kirov: Vyatka State University. P. 153–158. (In Russ.).

Getmanets I.A., Serebrennikova Yu.A. 2016. Ecological characteristics of rare and endangered plant species of the Chelyabinsk region. — Westn. TvGU. Biology and ecology. (2): 36–43. (In Russ.).

Ignatov M. S., Ignatova E. A. 2003. Flora of mosses of the middle part of European Russia. Vol. 1. Moscow: 608 p. (In Russ.).

Karpova O.A. 2004. Features of the structure and development of cenopopulations of lily of the valley in the conditions of the steppe Trans-Volga region. Diss. ... kand. biol. sciences. Samara. 244 c. (In Russ.).

Leonova N.A. 2021. The successional state of the forests of the upper plateau of the Volga upland. — Russian Journal of Ecosystem Ecology. 6(2). DOI 10.21685/2500-0578-2021-2-3

Matveev N.M. 2015. Steppe forests of the Trans-Volga region. — Samara Luka: problems of regional and global ecology. 24 (4): 48–71. (In Russ.).

Polyanskaya T.A. 2007. Analysis of the ecological valence of plant species of the boreal ecological-cenotic group. — Actual problems of geobotany. III All-Russian School Conference. Part II. Petrozavodsk: KarSC RAS. 128–131. (In Russ.).

Smirnova O.V., Khanina L.G., Bobrovsky M.V., Toropova N.A., Zagolnova L.B. 2002. Field Practice Guide. Methods of collecting and primary analysis of geobotanical and demographic data. — Conservation and restoration of biodiversity. Uch.-method. edition. Moscow. 109–144. (In Russ.).

Suleymanova V.N., Egoshina T.L. 2014. Ecological and phytocenotic characteristics of *Convallaria majalis* L. in the subzone of coniferous-deciduous forests of the Kirov region. — Bulletin of the Udmurt University. 1: 49–56. (In Russ.).

Shushpannikova G.S., Yamalov S.M. 1931. Meadow vegetation of the floodplains of the Vychegda and Pechora rivers. The order Arrhenatheretalia R. Tx. — Vegetation of Russia. (25): 89–115. (In Russ.).

Tsyganov D.N. 1983. Phytoindication of ecological regimes in the subzone of coniferous and broadleaf forests. Moscow: Nauka. 198 p. (In Russ.).

Volkova E.A., Isachenko G.A. 2018. Spruce forests of the Izhora upland (Leningrad region): typology and current state. – Vegetation of Russia. St. Petersburg. (33): 41–52. (In Russ.).

Yakovlev G.P., Alekseeva G.M., Belodubrovskaya G.A. et al., 2013. Pharmacognosy. Medicinal raw materials of plant and animal origin. St. Petersburg: SpecLit. 847 p. (In Russ.).

Zhukova L. A. 2004a. Assessment of the ecological valence of the main ecocenotic groups: approaches and methods. — In: Eastern European forests: history in the Holocene and modernity: in 2 books. Book 1. M. 256–259. (In Russ.).

Zhukova L.A. 2004b. Bioindication assessments of the ecological diversity of plant communities and their components. — Principles and methods of biodiversity conservation: Materials of the All-Russian Scientific Conference. Yoshkar-Ola: Publishing House of the Moscow State University. 13–15. (In Russ.).