Н.Н.Семчук, Н.В.Курмышев, Д.Я.Постельник
Новгородский университет им. Ярослава Мудрого
В.В.Рогоцкий, М.В.Андреева
Национальный парк «Валдайский»

УДК 581.44

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МОРФОЛОГИИ ПОБЕГА – РАЗРАБОТКА И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ

Растения-индикаторы позволяют определять состояние и устойчивость фитоценоза. Исследование свойств растений-индикаторов возможно при помощи математической модели морфологии побега. Вследствие воздействия экологических факторов растения изменяют строение стебля и листа. Разработка математической модели побега осуществляется посредством определения параметров морфологии и архитектоники стебля и листа. Для этого исследуют размеры элементов морфологии и устанавливают пропорции между ними. Важным признаком растения-индикатора является величина изменения размеров или пропорции элемента морфологии относительно среднего показателя. Если колебания параметров элемента морфологии или архитектоники очень велики, он не может быть использован для индикации воздействия экологического фактора на растение. В том случае, если параметры элементов морфологии или архитектоники стабильны, они могут быть использованы для математической модели побега. Растение-индикатор должно иметь по крайней мере один стабильный параметр морфологии или архитектоники, который изменяет свою величину при воздействии экологического фактора.

Indicator-plants allow us to determine the condition and stability, of phytocenose, and mathematical modelling can be used to study properties and characteristics of indicator-plants. Due to ecological influences, plants change parameters of stalks and leaves. The main parameters of a mathematical model are based on the behaviour of parameters of morphology and architectonics of stalks and leaves. The necessary data is determined by measuring morphology elements, and establishing their proportions. Indicator-plants are characterized by the magnitude of the change the size, or the proportion of the morphology element with respect to the mean value. If the parameters of the morphology element or the architectonics are not within the required region, it can not be used for determining of the ecological influence on the plant. Otherwise, we can use these parameters for the mathematical model of the shoot. Indicator-plants need to have at least one stable morphology or architectonics parameter, that varies due to the ecological influences.

Использование растений-индикаторов может в значительной степени облегчить решение задачи проведения мониторинга текущего состояния и устойчивости фитоценоза, а также определить оптимальные границы хозяйственной деятельности для рационального режима природопользования на особо охраняемых природных территориях. Метод фитоиндикации на основе показателей морфологии и архитектоники высших растений позволяет осуществить количественную оценку влияния окружающей среды на растительные организмы. Как показали наши исследования, вегетативные органы растений, особенно листья, очень чутко реагируют на изменения параметров экологических факторов. Это проявляется, например, в увеличении или уменьшении размеров различных элементов морфологии и анатомии листа, в изменении коэффициентов пропорциональности между параметрами. Указанные проявления могут быть зафиксированы количественными методами и использованы для оценки влияния на морфологическую конструкцию вегетативных органов степени деформации условий текущего вегетационного периода (относительно многолетних показателей) или стабильного изменения условий внешней среды в результате антропогенного воздействия.

Определение степени чувствительности различных видов растений к изменению па-

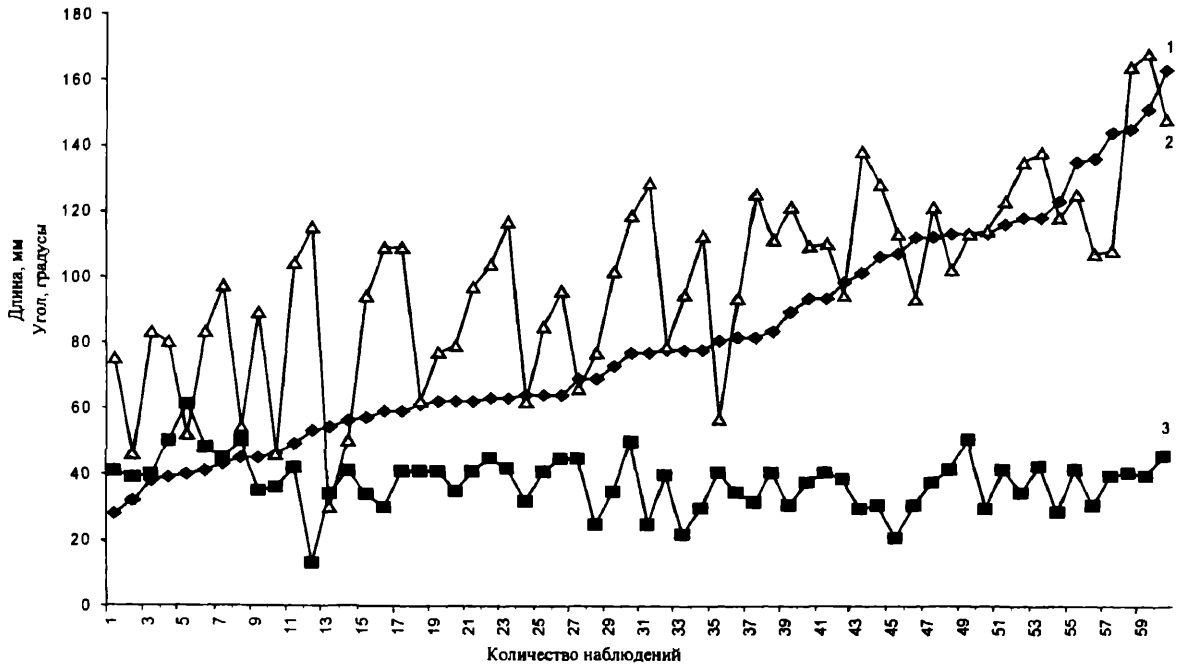
раметров внешней среды возможно посредством построения математической модели морфологии и архитектоники вегетативного органа, например, побега. Для этого необходимо установить амплитуду колебаний параметров морфологических элементов, а также рассчитать коэффициенты стабильности по каждому из изучаемых признаков. Сопоставление вариативности по изучаемым признакам, амплитуды колебаний параметров элемента морфологии и архитектоники в зависимости от места его дислокации на растении, а также экологических условий позволяет определить чувствительность вида к изменению уровня обеспеченности фактором внешней среды и, следовательно, возможность использования его в качестве индикатора по данному фактору. Особенностью методики исследования является фиксация места дислокации каждого элемента морфологии (см. таблицу). Для этого используется левая, дислокационная часть таблицы, в которой записаны шифры по каждому замеру в системе координат, представленной совокупностью побегов растения.

Параметры морфологии листьев *Acer platanoides L.* в зависимости от их расположения на системе побегов

Растение	Лист	Узел на стебле				Длина черешка, мм	Угол между 1-й и 2-й жилками	Длина жилок (с верхней стороны листа против часовой стрелки), мм						
		1	2	3	4			1	2	3	4	5	6	7
	1	1	3	5	1	152	40°	60	99	144	169	151	114	56
1	2	1	4	2	1	146	41	52	94	132	165	141	99	48
1	3	1	3	4	1	114	42	36	73	106	103	94	62	22
1	4	1	4	1	3	62	41	19	43	67	77	66	49	22
1	5	1	3	2	2	107	31	49	91	114	129	104	74	34
1	6	1	3	1	3	145	40	35	83	111	109	124	84	34
1	7	1	3	1	2	108	21	34	73	99	114	113	83	26
1	8	1	3	1	1	124	29	43	85	116	119	110	72	39
1	9	1	2	2		114	30	54	78	114	115	122	91	49
1	10	1	3	6	1	63	42	43	84	115	117	102	75	39
1	11	1	1	2		119	43	42	93	144	139	119	89	34
1	12		1	1		113	38	49	93	114	122	114	91	50
1	13		3	3	1	69	25	15	37	63	77	64	47	22
1	14	1	4	1	1	136	42	49	89	124	126	122	92	36
1	15	1	4	3	1	62	41	31	52	81	97	92	64	51
1	16	1	4	4	1	78	30	32	45	84	113	103	80	39
1	17	1	3	7	1	28	41	27	51	62	75	64	43	19
1	18	1	2	1		137	31	44	79	104	108	124	84	48
1	19	1	7	1		45	35	32	55	74	89	74	59	30
2		1	6	3		77	50	48	88	99	119	111	89	41
2	2	1	6	1		119	35	41	90	119	136	119	84	49
2	3	1	5	6		43	45	20	53	79	97	82	56	21
2	4	1	5	2	1	73	35	33	52	92	102	93	54	29
2	5	1	2	1		41	48	31	58	81	83	78	56	38
2	6	1	5	2	1	94	41	30	53	81	111	79	54	33
2	7	1	5	1	1	113	31	19	49	85	94	89	79	26
2	8	1	4	2		102	30	40	82	119	139	117	89	49
2	9	1	4	1		114	51	50	94	110	114	101	86	44
2	10	1	3	3		84	41	37	68	98	112	102	73	34

Растение	Лист	Узел на стебле				Длина черешка, мм	Угол между 1-й и 2-й жилками	Длина жилок (с верхней стороны листа против часовой стрелки), мм						
		1	2	3	4			1	2	3	4	5	6	7
2	11	1	3	2		82	35°	35	60	83	94	89	72	39
3	1	1	1	2	1	62	35	12	36	62	79	70	41	12
3	2	1	1	2	3	39	50	21	34	51	80	59	28	16
3	3	1	7	1		54	34	17	31	37	30	36	27	14
3	4	1	1	1	2	78	40	30	53	69	79	66	54	27
3	5	1	1	3		32	39	14	29	42	46	44	25	13
3	6	1	6	3		45	50	18	31	44	54	49	43	24
3	7	1	1	3	1	38	40	14	29	54	83	58	29	16
3	8	1	1	6	1	49	42	29	39	65	104	78	51	27
3	9	1	8	1		64	32	29	36	52	62	61	51	27
3	10	1	6	1		81	41	26	44	54	57	49	35	18
3	11	1	9	1		46	36	17	32	47	46	45	33	12
3	12	1	7	2		69	45	25	46	56	66	61	41	21
3	13	1	1	1		40	61	10	24	38	52	39	24	8
3	14	1	1	2		61	41	19	36	56	62	54	38	19
3	15	1	6	1		56	41	22	36	49	50	49	37	23
4	1	1		1	3	64	45	35	59	83	96	97	69	33
4	2	1	2	1	2	117	42	24	48	91	124	107	70	39
4	3	1	1	1	2	64	41	40	54	74	85	76	54	41
4	4	1	1	8		53	13	43	79	102	115	111	95	42
4	5	1	1	7		77	25	30	70	107	129	124	85	22
4	6	1	2	1	1	99	39	40	51	80	95	87	57	38
4	7	1	1	6		90	31	21	59	110	122	111	57	21
4	8	1	2	6		94	38	40	60	72	110	95	83	61
4	9	1	2	7		63	45	21	50	63	104	96	51	24
4	10	1	3	1	5	57	34	24	36	60	94	82	47	14
4	11	1	3	1	3	59	41	45	70	105	109	99	54	26
4	12	1	1	12		59	30	20	66	82	109	101	77	25
4	13	1	1	1	1	164	46	45	78	116	149	146	104	61
4	14	1	3	5		82	32	25	49	80	126	86	57	19
4	15	1	3	2		78	22	30	49	69	95	89	65	47
Среднее по параметру						80,3	37,3	31,41	58,33	83,34	97,97	88,33	62,72	31,00

Для облегчения оформления исходных данных в таблице указаны не оси порядков соподчиненных побегов, а легко определяемая визуально соподчиненность стеблей в местах разветвления побегов. Шифр каждого элемента морфологии представлен номерами узлов в местах разветвления побегов по цепочке соединения стеблей, начиная от нижнего. Так, например, шифр первого листа (1-3-5-1) означает, что система стеблей, соединяющая лист со стволом растения, образована по следующей схеме: стебель 2 присоединяется к стеблю 1 в его первом (считая от земли) узле; стебель 3 присоединяется к стеблю 2 в его третьем узле; стебель 4 присоединяется к стеблю 3 в его пятом узле. Лист 1 расположен на первом узле стебля 4.



Динамика параметров морфологии листа *Acer platanoides L.*
– длина черешка листа, мм; 2 – длина средней жилки; 3 – угол между 1-й и 2-й жилками

Анализ полученных данных (см. рисунок) показывает, что элементы морфологии связаны определенными закономерностями построения. Так, например, при последовательном увеличении длины черешка (с 28 до 164 мм) отмечена достаточно четкая тенденция к возрастанию длины средней (четвертой) жилки листовой пластинки. Несколько большей стабильностью отличается показатель величины угла между 1-й и 2-й жилками листа. Коэффициенты амплитуды колебания параметров следующие: по длине черешка 5,86; по длине средней жилки 5,63 и по углу между 1-й и 2-й жилками листа 4,69.

На степень стабильности параметров указывает также стандартное отклонение по исследованным элементам морфологии (длина черешка 81,63 ± 33,41; длина средней жилки 99,60 ± 29,31 и угол между 1-й и 2-й жилками листовой пластинки 37,93 ± 8,07). Значения коэффициентов соответственно 0,41; 0,29 и 0,21.

Полученные исходные и расчетные данные представляют собой элементы математической модели морфологии побега. Отличительной особенностью является их сопоставимость для различных объектов. Благодаря этому математическая модель морфологии побега может быть использована для отбора растений-индикаторов по конкретным экологическим факторам.