

А. Г. СЛЮСАРЕНКО, Л. С. ПОПОВ, А. С. АНТОНОВ,
академик А. Н. БЕЛОЗЕРСКИЙ

НУКЛЕОТИДНЫЙ СОСТАВ ДНК НЕКОТОРЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ КЛАССА LILIATAE

Ранее в нашей лаборатории было показано (^{1, 2}), что данные о нуклеотидном составе ДНК однодольных растений, видимо, могут быть использованы в качестве таксономического признака. Результаты, полученные в последнее время другими исследователями (³⁻⁵), с нашей точки зрения, подтверждают правильность этого предварительного вывода.

Несмотря на то что в этом аспекте представители кл. Liliatae исследуются уже более двадцати лет, общее число изученных видов невелико (^{6, 7}). Нам представилось целесообразным получить дополнительные сведения о степени специфичности генного материала у представителей этой группы высших растений.

Данные о нуклеотидном составе ДНК представителей кл. Liliatae получены нами методом хроматографии гидролизатов ДНК на бумаге (⁸) и представлены в табл. 1. Наиболее детально изучено сем. Liliaceae (57 видов) и в частности два его рода — Allium (22 вида) и Lilium (10 видов). Анализ рода Allium показал, что количественное содержание ГЦ-пар нуклеотидов в ДНК изученных видов варьирует от 34,5% у *A. sativum* до 42,8% у *A. caesium* (среднее содержание $38,1 \pm 2,3\%$). Для ДНК всех изученных видов рода Allium характерна высокая степень метилирования цитозина (отношение 5-МЦ : Ц + 5-МЦ в %), варьирующая от 28,7 до 37,9% (среднее значение $33,9 \pm 2,8\%$). По данным Кирка и др. (⁵), изучавших количественное содержание ГЦ-пар нуклеотидов в ДНК представителей рода Allium, пределы варьирования количественного содержания ГЦ-пар нуклеотидов несколько уже (от 34,6 до 39,0%, среднее содержание 37,1%). К сожалению, в названной работе отсутствуют данные о содержании 5-МЦ в изученных ДНК, и судить о степени метилирования цитозина невозможно. Сравнение полученных нами результатов с данными этих авторов показало, что количественное содержание ГЦ-пар нуклеотидов в ДНК параллельно изученных видов, по нашим данным, в среднем на 2% выше, что, по-видимому, можно объяснить различиями в методах исследования.

Количественное содержание ГЦ-пар нуклеотидов в ДНК видов рода Lilium варьирует от 38,1 до 42,7% (среднее содержание $39,8 \pm 1,8\%$). Для них характерно высокое содержание 5-МЦ; степень метилирования цитозина варьирует от 27,1 до 37% (среднее значение $30,9 \pm 3,5\%$).

Используя как собственные данные о составе ДНК различных видов родов Lilium и Allium, так и данные, полученные другими исследователями (⁷), мы попытались выяснить наличие различий в нуклеотидном составе между этими родами и их достоверность. Для оценки достоверности различий был использован непараметрический критерий Колмогорова — Смирнова (⁹). Полученное значение величины λ^2 (2,73) позволяет считать различия весьма существенными. Иными словами, в пределах сем. Liliaceae роды Lilium и Allium достаточно четко очерчены и отделены друг от друга.

В целом для сем. Liliaceae количественное содержание ГЦ-пар нуклеотидов варьирует от 30,2% у *Gagea minima* до 48,8% у *Colchicum autumn-*

Таблица 1

Нуклеотидный состав ДНК представителей класса Liliatae

Название вида	Число опытов	ГЦ, мол. %	5-МЦ, мол. %	$\frac{5-МЦ}{ГЦ+5-МЦ} \cdot 100$
Alismaceae				
Alisma plantago-aquatica	3	40,5±0,4	3,5±0,3	17,3
Liliaceae				
Agapanthus africanus	9	41,6±0,7	8,5±0,5	40,8
A. umbellatus	6	40,6±0,6	7,8±0,3	38,4
Allium aflatanense	12	37,4±0,9	6,4±0,3	34,2
A. altissimum	4	37,8±0,3	7,1±0,2	37,6
A. amphylobium	3	36,6±0,8	6,4±0,3	34,2
A. caesium	15	41,0±0,4	7,0±0,4	34,1
A. cepa	15	36,3±0,4	6,1±0,1	33,7
A. dreanophyllum	6	42,8±0,3	7,3±0,2	34,0
A. galantum	6	39,9±1,4	6,0±0,2	30,1
A. karataviense	3	38,3±0,9	6,2±0,3	32,4
A. longicuspis	3	37,4±1,2	6,0±0,4	37,9
A. mollii	9	36,5±0,1	5,8±0,3	31,8
A. ochotense	3	35,1±0,9	6,6±0,5	37,7
A. odorum	3	38,9±1,1	6,7±0,6	34,5
A. oreophyllum	3	36,2±0,9	5,9±0,3	32,6
A. oshaninii	3	34,9±0,7	5,0±0,6	28,7
A. paniculatum	6	38,8±0,5	6,6±0,2	34,0
A. polyphyllum	3	39,7±0,4	6,9±0,6	34,8
A. porrum	18	38,8±0,7	6,1±0,5	31,4
A. rotundum	3	39,3±0,6	7,4±0,4	37,7
A. sativum	9	34,5±0,4	5,5±0,4	31,9
A. schoenoprasum	3	40,2±1,2	6,8±0,9	33,8
A. victorialis	3	38,9±0,9	7,3±0,3	37,6
A. winklerianum	3	38,0±1,1	6,1±0,2	32,1
Cardiocrinum cordatum	6	36,5±0,4	4,3±0,3	23,5
C. glehnii	3	38,5±0,5	4,9±0,3	25,5
Chlorophytum nepalense	3	43,0±0,7	6,6±0,4	30,7
Colchicum autumnale	6	48,8±0,7	6,6±0,5	27,0
Clivia miniata	3	37,1±0,4	7,4±0,3	40,0
Camassia cisticii	3	41,3±0,5	6,7±0,4	32,5
Cordeline terminalis	3	46,5±0,7	6,1±0,3	26,3
Dracaena umbraculifera	3	37,5±1,3	2,6±0,7	13,9
Drimiopsis kirkii	9	43,1±0,9	8,7±0,5	40,5
Eremurus hissarica	6	43,4±0,5	6,0±0,3	27,6
E. robustus	6	37,9±0,7	6,1±0,3	32,3
Fritillaria kamschatca	3	39,0±0,5	5,7±0,4	29,2
F. pallidiflora	3	34,5±0,5	4,4±0,2	25,6
Gagea lutea	18	41,5±0,9	7,5±0,5	36,2
G. minima	15	30,2±0,6	2,9±0,5	19,3
Haemanthus albiflorus	9	35,0±0,7	6,8±0,3	38,8
H. katherinae	6	38,1±0,5	7,9±0,4	41,6
Hemerocallis middendorffii	3	37,0±0,3	6,2±0,2	33,5
Korolkowia sewerzowii	9	35,4±0,7	4,7±0,4	26,5
Lilium caasicum	3	39,1±0,3	5,4±0,3	27,1
L. dahuricum	3	42,4±0,4	7,5±0,3	35,3
L. debile	6	39,3±0,7	6,1±0,4	31,1
L. distichum	3	39,0±0,4	5,7±0,5	29,2
L. henryi	3	38,1±0,5	5,4±0,1	28,4
L. kesselringianum	6	41,2±0,3	5,8±0,3	28,1
L. martagon	3	42,7±0,8	7,9±0,4	37,0
L. monadelphum	9	38,2±0,5	6,5±0,3	34,0
L. pardalinum	3	38,0±0,3	5,8±0,1	30,5
L. szovitsianum	3	40,6±0,4	5,7±0,3	28,0
Pancratium speciosum	3	47,6±0,7	7,9±0,4	33,2
Petilium eduardii	11	37,3±0,7	5,8±0,5	30,5
Tulipa quercetorum	9	37,5±0,9	4,7±0,4	25,1
Scilla sibirica	15	39,1±0,7	5,6±0,3	28,7
Iridaceae				
Gladiolus apterus	3	49,6±0,4	7,7±0,3	31,0
Juno orchidioides	6	41,3±0,6	7,4±0,4	35,9
J. vicaria	3	43,4±0,3	7,4±0,1	34,1

Название вида	Число опытов	ГЦ, мол. %	5-МП, мол. %	$\frac{5-МП}{П + 5МП} \cdot 100$
Velloziaceae				
Barbacenia elegans	3	45,2±0,6	4,8±0,4	21,2
Dioscoreaceae				
Dioscorea polystachia	3	48,2±0,4	6,3±0,2	26,1
Bromeliaceae				
Hechtia glomerata	3	43,9±0,7	5,2±0,5	23,7
Musaceae				
Heliconia acuminata	3	48,8±0,6	3,9±0,4	16,0
Zingiberaceae				
Alpinia speciosa	3	39,2±0,2	4,4±0,3	22,4
Costus mexicanus	3	40,6±0,4	4,2±0,3	20,7
Hedychium gardnerianum	3	38,6±0,5	4,9±0,1	25,4
Zingiber officinale	3	42,2±0,3	6,2±0,2	29,4
Cannaceae				
Canna sylvestris	3	41,9±0,2	5,1±0,1	24,3
Marantaceae				
Calathea aemula	3	41,5±0,9	5,1±0,5	24,6
C. pulchella	3	42,3±1,1	4,1±0,6	24,2
C. zebrina	3	40,8±0,7	2,4±0,3	11,8
Orchidaceae				
Coelogyne flaccida	3	50,1±0,5	9,6±0,3	37,6
C. massangeana	3	40,6±0,6	7,0±0,3	34,4
Cymbidium aloefolium	6	49,4±0,3	6,0±0,2	24,3
Dendrobium kingianum	3	39,4±0,7	3,8±0,1	19,2
Platanthera bifolia	3	44,5±0,6	6,6±0,1	29,7
Stanhopea tigrina	3	36,1±0,7	3,3±0,5	18,3
Vanilla planifolia	3	55,2±0,5	5,9±0,3	21,4
Arecaceae				
Rhapis flagelliformis	3	43,3±0,3	5,1±0,6	23,6
Araceae				
Anthurium andreanum	3	45,4±0,2	5,6±0,1	24,7
A. hookerianum	3	44,0±0,5	5,6±0,3	25,4
A. veitchii	3	43,9±0,4	5,8±0,3	26,5
Arisaema amurense	6	45,7±0,7	7,1±0,3	31,1
Calla palustris	9	44,0±0,5	5,4±0,2	24,5
Diffenbachia sanguinea	3	46,2±0,2	6,9±0,1	29,8
Spatiphyllum blandum	3	40,3±0,4	6,0±0,1	29,8
S. vallisii	3	40,5±0,3	6,4±0,3	31,7
Zanthedeshia aethiopica	3	54,3±0,3	6,6±0,2	24,3

nale (среднее содержание $39,0 \pm 3,8\%$), степень метилирования цитозина от 13,9% у *Dracaena umbraculifera* до 40,8% у *Agapanthus africanus* (среднее значение $32,0 \pm 5,2\%$).

По степени вариабельности состава ДНК можно составить весьма четкое представление о степени несходства химического состава генного материала в пределах этого семейства. Сравнивая эти данные с результатами исследований других групп организмов, можно заключить, что таксоны, которым в существующих системах присваиваются категории одного ранга, неравномощны по этому важнейшему признаку. Так, степень вариабельности состава ДНК у представителей сем. Liliaceae заведомо превышает таковую для ДНК всех изученных представителей как любого семейства класса млекопитающих, так и класса в целом ⁽¹⁰⁾. Иными словами, степень несходства химического состава геномов у представителей лилейных гораздо выше, чем у млекопитающих.

Кроме сем. Liliaceae, мы изучали также ряд других семейств класса Liliatae (табл. 1). Определен состав ДНК у некоторых видов из порядка Zingiberales (9 видов), Arales (9 видов), Orchidales (7 видов). Средние значения количественного содержания ГЦ-пар нуклеотидов в ДНК представителей этих порядков приведены в табл. 2. Они хорошо согласуются с данными, полученными ранее в нашей лаборатории ⁽¹⁾. Для ДНК

представителей названных порядков количественное содержание ГЦ-пар нуклеотидов в среднем выше, чем для порядка Liliales, и для филогенетически молодого семейства орхидных оно в среднем составляет 45,1%. В то же время степень метилирования цитозина для всех названных порядков в среднем ниже 30%, в то время как для порядка Liliales она выше 30%. Учитывая данные, опубликованные другими авторами, мы попытались, используя критерий Колмогорова — Смирнова, выяснить, достоверны ли различия по нуклеотидному составу между отдельными порядками класса Liliatae. Полученные значения λ^2 позволяют считать,

Таблица 2

Усредненный нуклеотидный состав ДНК представителей некоторых порядков класса Liliatae *

Название порядка	Количество изученных видов	ГЦ + 5-МЦ, мол. %	$\frac{5-МЦ}{Ц + 5-МЦ}$, %
Liliales	57 (20)	39,0 ± 3,8 (41,1 ± 3,0)	32,0 ± 5,2
Zingiberales	9	41,8 ± 2,9	22,1 ± 5,4
Arales	9	44,9 ± 4,1	27,5 ± 3,7
Orchidales	7 (4)	45,1 ± 6,7 (45,3 ± 3,2)	26,4 ± 7,6
(Poales)	(12)	(46,8 ± 2,3)	

* В скобках приведены данные, полученные Мариновой и др. (7).

что отдельные порядки класса Liliatae по нуклеотидному составу четко отличаются друг от друга, например: Arales от Zingiberales, Orchidales и Liliales; Liliales от Poales и Orchidales. В то же время для Arales и Poales, Zingiberales и Poales, Orchidales и Poales достоверных отличий не получено (7).

В целом для класса Liliatae характерно наличие ДНК АТ-типа разной степени выраженности (количественное содержание ГЦ-пар нуклеотидов варьирует в пределах от 30,2 до 55,2%). В ДНК представителей филогенетически молодых групп количественное содержание ГЦ-пар нуклеотидов обычно наиболее велико, а степень метилирования цитозина наиболее высока у представителей порядка Liliales. Представители отдельных порядков более или менее четко отличаются по нуклеотидному составу друг от друга. Данные о нуклеотидном составе представителей класса Liliatae могут, таким образом, представлять интерес для систематиков.

Московский государственный университет
им. М. В. Ломоносова

Поступило
31 XII 1971

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Е. И. Маринова, А. С. Антонов, А. Н. Белозерский, ДАН, 184, 483 (1969). ² М. С. Турищева, Е. И. Маринова и др., ДАН, 183, 1445 (1968). ³ A. J. Bendich, B. J. McCarthy, Genetics, 65, 545 (1970). ⁴ S. B. Biswas, A. K. Sarkar, Phytochemistry, 9, 2425 (1970). ⁵ J. T. O. Kirk, H. Rees, G. Evans, Heredity, 25, 507 (1970). ⁶ А. Г. Слюсаренко, В сборн. Строение ДНК и положение организмов в системе, М., 1972. ⁷ А. С. Антонов, А. Г. Слюсаренко, Г. П. Мирошниченко, Усп. совр. биол., № 5 (1972). ⁸ Б. Ф. Ванюшин, В сборн. Современные методы в биохимии, 1, М., 1964. ⁹ В. Ю. Урбах, Математическая статистика для биологов и медиков, Изд. АН СССР, 1963. ¹⁰ А. С. Антонов, А. Н. Белозерский, В сборн. Функциональная биохимия клеточных структур, «Наука», 1970.