

DNA C-值与被子植物入侵性关系的数据统计分析 ——以中国境内有分布的 539 种被子植物为例

郭水良¹, 陈国奇², 毛俐慧²

(1. 上海师范大学生命与环境科学学院 上海 200234; 2 浙江师范大学化学与生命科学学院 浙江金华 321004)

摘要:统计了中国境内有分布的 539 种被子植物的 DNA C-值,分析了它们在不同分类群、生活型、倍性、生活史类型以及在杂草和非杂草类群中的分布情况,主要结果如下:(1)539 种被子植物 DNA C-值平均为 4.06 pg,其中木本植物的 DNA C-值平均为 1.84 pg,低于草本植物的平均值(5.02 pg);(2)双子叶植物(360 种)的 DNA C-值平均为 2.20 pg,极明显地小于单子叶植物(179 种)的平均值(7.80 pg);(3)1 年生植物的 DNA C-值平均为 2.78 pg,明显小于多年植物的平均 DNA C-值(6.65 pg);(4)134 种杂草的 DNA C-值平均为 1.93 pg,明显小于非杂草草本植物的平均值(6.75 pg),含杂草较多的科,平均 DNA C-值相对较小;(5)统计的 47 种入侵杂草的 DNA C-值平均为 1.76 pg,略小于 134 种杂草的平均 DNA C-值(1.93 pg),极显著地小于非杂草性草本植物(6.75 pg);(6)以科为单位,不同科的 DNA C-值存在着极大的差异;(7)DNA C-值与染色体倍性的关系并不明显,但是,随着倍性的增加,基因组变小;(8)在同一科、属中,与非杂草相比,典型杂草的 DNA C-值往往偏小;(9)总体上杂草或杂草性强的植物,它们的 DNA C-值比非杂草性植物的要小。但是,也还存在一些例外,例如野燕麦(*Avena fatua*)的 DNA C-值就高达 14.15 pg,而相反,十字花科和葫芦科的一些非杂草栽培植物,却具有很低的 DNA C-值。结论:DNA C-值在预测外来物种的入侵性方面具有一定的应用价值,但是,由于在木本植物和草本植物之间、单子叶与双子叶植物之间、一年生和多年生植物之间,特别是在不同的科之间,植物的 DNA C-值较明显的差异,因此,根据 DNA C-值预测外来物种的入侵性,应该严格地限于同一科(或属)内的相关物种间的比较。

关键词:中国;被子植物;DNA C-值;入侵性;杂草;统计

文章编号:1000-0933(2008)08-3698-08 中图分类号:Q948 文献标识码:A

Relationship between DNA C-value and invasiveness in 539 angiosperm species in China

GUO Shui-Liang¹, CHEN Guo-Qi², MAO Li-Hui²

1 College of Chemistry and Life Science, Zhejiang Normal University, Jinhua 321004, China

2 College of Life and Environment Science, Shanghai Normal University, Shanghai 200234, China

Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(8): 3698 ~ 3705.

Abstract: Using nuclear DNA C-values for 539 angiosperms in China, we examined the variation of these values among

基金项目:浙江省自然科学基金资助项目(Y506007);上海市教委重点科研资助项目(06ZZ20);国家质检总局科技计划资助项目(科研专项 08-03);上海市科学技术标准专项资助项目(07DZ05020)

收稿日期:2007-08-12; **修订日期:**2008-06-16

作者简介:郭水良(1964~),男,博士,教授,主要从事植物系统分类、生态学、杂草科学研究. E-mail: guoshuilang@163.com

致谢: Drew Barton 教授(University of Maine at Farmington, Farmington)对英文的润色;上海中学郭颖同学参与了部分数据收集和统计分析,在此深表谢意。

Foundation item: The project was financially supported by the Natural Scientific Foundation of Zhejiang Province (No. Y506007), Shanghai Municipal Education Commission (No. 06ZZ20), Inspection and Quarantine of the people's Republic of China (No. 08-03), and Science and Technology Commission of Shanghai Municipality (No. 07DZ05020)

Received date: 2007-08-12; **Accepted date:** 2008-06-16

Biography: GUO Shui-Liang, Ph. D, Professor, mainly working in the fields in relation to plant systematics, ecology and weed sciences. E-mail: guoshuilang@163.com

growth forms and taxonomic groups and the relationship of these values with invasiveness. Mean DNA C-value of the 539 angiosperm species was 4.06 pg. Mean DNA C-value was (1) significantly lower for woody species (1.84 pg) than for herbaceous species (5.02 pg); (2) significantly lower for 360 dicots (2.20 pg) than for 179 monocots (7.80 pg); (3) significantly lower for annuals (2.78 pg) than for perennials (6.65 pg); (4) significantly lower for 134 weed species (1.93 pg) than for herbaceous non-weeds (6.75 pg) and for several families that have an unusually high proportion of weed species; (5) significantly lower for 47 exotic weed species (1.76 pg) than for 134 native weeds (1.93 pg), but significantly lower than that of “non-weedy” herbaceous species (6.75 pg); (6) lower for weeds than for “non-weedy” species in same genus or family; and (7) in herbaceous species, generally lower for weedy compared to “non-weedy” species, with some exceptions such as *Avena fatua*, whose DNA C-value is as high as 14.15 pg, contrarily, and some “non-weedy” herbaceous species in Cruciferae and Cucurbitaceae with very low values. DNA C-values varied much greatly among families. The relationship between DNA C-value and ploidy is not clear, whereas the mean DNA per basic genome decreased with increases in in ploidy. Conclusion: DNA C-value is of practical value in the forecast of the invasiveness of exotic species. However, such predictions must be made with comparisons within families (or genus) because the DNA C-values vary greatly between woody and herbaceous species, between monocots and dicots, between annuals and perennials, and especially among families.

Key Words: China; angiosperm; DNA C-value; invasiveness; weed; statistic

随着对外交流的增加,不断有新的外来入侵种蔓延危害的报道,防治的形势越来越严峻^[1~4],建立外来入侵种的早期预警体系,是当前生态研究的热点。目前,国内外投入了大量的人力物力开展植物外来种入侵性的预测研究,绝大多数注重的是外来植物生物学基础研究,以期获得入侵性评估的生物学指标^[5,6]。为预测外来物种的入侵性,基于宏观生物学指标,国内外学者已建立了一些外来种生态风险或入侵性评估的指标体系^[7~9]。但是,以这些宏观的生物学特征来预测其他植物的入侵性仍有很大的局限性,得出的评估性指标缺乏普遍适应的价值^[10~13]。因此,在2004年11月北京召开的“中国外来生物入侵预防与管理”国际科学家峰会上,“外来入侵物种风险评估与早期预警关键技术”作为优先发展的领域,提出“从入侵生物快速检测监测的分子基础等方面,揭示外来生物入侵过程中的重大科学问题与核心技术的基础理论”。显然,寻找外来物种入侵性评估新的指标,是入侵生态研究中急待解决的重大理论和实践问题^[14~16]。

DNA C-值指的是一个物种配子核中没有复制时的DNA含量,该值对每种生物而言较为稳定,具有种的特征。在被子植物中发现,复杂性相似的姐妹种存在着极大的DNA C-值差异^[17,18],这种差异主要不是由编码DNA,而是由非编码DNA部分所造成的^[18~20]。近年来,非编码DNA的功能开始受到人们的重视^[21]。Bennett等^[22]对已有的数据统计发现,一些重要的世界性分布的杂草比其它植物具有更低的核DNA C-值,恶性杂草的核DNA C-值比一般性杂草的要低;在澳大利亚的千里光属(*Senecia*)和印度的金合欢属(*Acacia*)植物中,外来入侵种比同属其它种类具有较低的核DNA含量^[23,24]。Rejmánek^[25]对松属(*Pinus*)研究表明,与非入侵性物种相比,具有入侵性的物种具有低的核DNA C-值,并发现松属的核DNA C-值与生活史、种子大小、幼苗生长时间长短有关。

关于DNA C-值与入侵性之间的关系,国外研究涉及到的类群还非常有限,也发现了一些例外情况。Bennett^[26]发现,在温带地区早春寒冷条件下,一些高DNA C-值的植物比低值的植物生长速率快,随着温度变暖,这种差异逐渐缩小;核DNA C-值对表型的影响会受到地理区域和环境条件的影响^[27]。因此,通过有关DNA C-值的文献和数据检索,收集我国境内有分布的被子植物的DNA C-值数据,在此基础上进行统计分析,解析它们可能的生态学意义,进一步加深了解DNA C-值与被子植物入侵性之间的关系,以期明确在建立我国的外来物种入侵性评估体系中,DNA C-值能否作为外来物种入侵性评估的指标,及其适用范围,这在外来物种的入侵性评估中具有一定的理论和实践价值。

1 中国境内有分布的 539 种被子植物的 DNA C-值数据

根据 Bennett & Leitch^[28~30], Bennett 等^[22], Garcia 等^[31] 和 Meng^[32] 的资料, 对照中国植物志 (<http://www.plant.ac.cn/>)、中国杂草志^[33], 中国外来入侵种^[9] 以及中国外来入侵植物信息系统 (<http://weed.njau.edu.cn/exowort/exoweeds.htm>) 的文献资料, 得到中国境内有分布的 539 种被子植物 DNA C 值、基因组大小、倍性、分类隶属关系、生活史类型、生活型的原始数据表(存查)。统计时, 如果一个物种有不同的倍性, 则同时记录成不同的分类群, 表中的基因组大小(DNA per basic genome)指用倍性去除其 2C-值^[34]。相同分类群有多个测定值的情况下取其平均值。基于原始数据表, 统计得到表 1~4 结果。采用 SPSS 10.0 统计软件中的 independent-samples *T* Test 方法进行不同分类群间 DNA C-值差异性分析。

2 基于中国境内有分布的 539 种被子植物 DNA C-值的几个统计结论

基于附表和表 1~8 数据, 分析得到如下结论:

(1) 539 种被子植物 DNA C-值平均为 4.06 pg; 163 种木本植物的 DNA C-值平均为 1.84 pg, 极显著($P < 0.001$)地小于 376 种草本植物的平均值(5.02 pg)(表 1)。

(2) 双子叶植物(360 种)的 DNA C-值平均为 2.20 pg, 极显著地($P < 0.001$)小于单子叶植物(179 种)的平均值(7.80 pg)(表 1); 在双子叶草本植物、双子叶木本植物、单子叶草本植物、单子叶木本植物 4 个分类群中, 单子叶草本植物的 DNA C-值(8.16 pg)显著($P < 0.01$)高于其它三者。

表 1 中国境内有分布的 539 种被子植物的 DNA C-值的统计

Table 1 Descriptive Statistics of DNA C-Values of 539 angiosperm plants in China

分类群 Taxa	物种数 Species Number	最小值(pg) Min. (pg)	最大值(pg) Max. (pg)	平均值(pg) Mean (pg)
全部植物 Total species	539	0.20	72.15	4.06
木本植物 Woody species	163	0.20	72.15	1.84
草本植物 Herbage	376	0.20	34.50	5.02
双子叶草本植物 Herbaceous dicots	210	0.20	28.10	2.54
双子叶木本植物 Woody dicots	150	0.20	72.15	1.72
单子叶草本植物 Herbaceous monocots	166	0.30	34.50	8.16
单子叶木本植物 Woody monocots	13	0.60	8.60	3.25
入侵杂草 Invasive weeds	47	0.30	14.15	1.76
杂草 Weeds	135	0.20	14.15	1.93
非杂草草本植物 Herbaceous non-weeds	241	0.20	34.50	6.75
双子叶植物 Dicots	360	0.20	72.15	2.20
单子叶植物 Monocots	179	0.30	34.50	7.80
双子叶杂草 Dicot weeds	89	0.20	7.65	1.71
双子叶非杂草草本植物 Herbaceous dicot non-weeds	121	0.20	28.10	3.15
单子叶杂草 Monocot weeds	46	0.30	21.60	2.37
单子叶非杂草草本植物 Herbaceous monocot non-weeds	120	0.40	34.50	10.37
1 年生草本(全为草本) Annuals (all herbages)	102	0.20	14.15	2.78
多年生草本 Herbaceous perennials	228	0.20	34.50	6.65
多年生植物(含木本) Total perennials	390	0.20	72.15	4.65
1 年生双子叶植物 Dicot annuals	77	0.20	11.90	2.16
1 年生单子叶植物 Monocot annuals	26	0.75	14.15	4.54
多年生双子叶草本 Herbaceous dicot perennials	96	0.20	28.10	3.27
多年生单子叶草本 Herbaceous monocot perennials	132	0.30	34.50	9.10

(3) 1 年生植物(均为草本)的 DNA C-值平均为 2.78 pg, 极显著地($P < 0.001$)地小于多年草本的平均 DNA C-值(6.65 pg); 在 1 年生单子叶草本、1 年生双子叶草本、多年生单子叶草本、多年生双子叶草本 4 个分

类群中,多年生单子叶草本植物的 DNA C-值极显著地($P < 0.001$)高于其它三者(表 1)。

(4)参照中国杂草志^[33]、中国外来入侵种^[9]以及中国外来入侵植物信息系统(<http://weed.njau.edu.cn/exowort/exoweeds.htm>)的记录,结合 Baker^[35]关于杂草的定义,表 1 中 135 种杂草的 DNA C-值(1.93 pg)极显著地($P < 0.001$)低于非杂草草本植物的 DNA C-值(6.75 pg);双子叶杂草的 DNA C-值(1.71 pg)小于($P = 0.06$)双子叶非杂草草本植物(3.15 pg),单子叶杂草的 DNA C-值(2.37 pg)极显著($P < 0.001$)小于单子叶非杂草草本植物(10.37 pg)(表 1)。

(5)表 1 中的 47 种入侵杂草 DNA C-值平均为 1.76 pg,略低于($P > 0.05$)134 种杂草的平均 DNA C-值(1.93 pg),极显著地($P < 0.001$)小于非杂草性草本植物(6.75 pg)。一些重要的外来杂草,其 DNA C-值非常低,例如凤眼莲(*Eichhornia crassipes*, 1.00 pg)、大藻(*Pistia stratiotes*, 0.43 pg)、波斯婆婆纳(*Veronica persica*, 0.80 pg)、长叶车前(*Plantago lanceolata*, 1.60 pg)、月见草(*Oenothera biennis*, 1.20 pg)、红车轴草(*Trifolium pratense*, 0.50 pg)、白车轴草(*Trifolium repens*, 1.00 pg)、紫苜蓿(*Medicago sativa*, 1.60 pg)、白花草木犀(*Melilotus alba*, 1.30 pg)、巴西含羞草(*Mimosa invisa*, 1.40 pg)、含羞草(*Mimosa pudica*, 0.60 pg)、蓖麻(*Ricinus communis*, 0.30 pg)、加拿大一枝黄花(*Solidago canadensis*, 1.60 pg)等^[22,28~32]。

表 2 统计物种数在 5 种以上科的 DNA C-值

Table 2 List of families containing species with known DNA C-value no less than 5

科 Family	平均 DNA C-值(pg) Mean DNA C-value	最小值(pg) Minimal values	最大值(pg) Maximal values	物种数 Species number
毛茛科 Ranunculaceae	17.64	7.00	28.10	6
百合科 Liliaceae	16.26	1.40	32.70	41
兰科 Orchidaceae	9.63	1.40	34.50	26
鸭跖草科 Commelinaceae	8.20	3.30	18.10	7
龙舌兰科 Agavaceae	5.90	3.10	8.00	5
天南星科 Araceae	4.60	0.31	12.30	9
棕榈科 Palmae	3.87	1.20	8.60	10
禾本科 Gramineae	3.75	0.40	15.45	53
伞形科 Umbelliferae	3.46	3.46	3.46	9
茄科 Solanaceae	3.33	0.90	7.80	15
菊科 Compositae	2.98	1.10	8.80	29
豆科 Leguminosae	2.09	0.50	11.90	82
锦葵科 Malvaceae	2.01	0.60	3.70	7
蓼科 Polygonaceae	1.55	0.43	4.40	10
石竹科 Caryophyllaceae	1.45	0.60	3.50	5
苋科 Amaranthaceae	1.37	0.70	3.60	8
旋花科 Convolvulaceae	1.35	0.80	2.23	7
茜草科 Rubiaceae	1.11	0.40	1.98	14
大戟科 Euphorbiaceae	1.09	0.30	1.90	7
十字花科 Cruciferae	0.85	0.20	2.70	13
桑科 Moraceae	0.78	0.70	1.05	12
芸香科 Rutaceae	0.63	0.40	1.00	9
蔷薇科 Rosaceae	0.55	0.20	1.50	26
葡萄科 Vitaceae	0.50	0.50	0.50	5

(6)以科为单位,不同科的 DNA C-值差异极大(表 2)。根据《中国植物志》分类系统,539 种被子植物总共涉及到 97 个科,其中有 24 科统计种类数在 5 种以上。在这 24 科中,平均 DNA C-值最大的前五各科分别为:毛茛科(17.64 pg)、百合科(16.26 pg)、兰科(9.63 pg)、鸭跖草科(8.20 pg)、龙舌兰科(5.90 pg);平均 DNA C-值最小的 5 个科分别为:葡萄科(0.50 pg)、蔷薇科(0.55 pg)、芸香科(0.63 pg)、桑科(0.78 pg)、十字

花科(0.85 pg);木本科的 DNA C-值普遍较小,例如葡萄科、芸香科和桑科等。

(7) 含杂草较多的科,其平均 DNA C-值相对较小(表 2),例如:禾本科的平均 DNA C-值虽为 3.75 pg,但是在表 2 所列出的单子叶科中是最小的。再如菊科、蓼科、苋科、石竹科、旋花科的平均 DNA C-值远远低于非杂草草本植物为主的毛茛科;

(8) 表 3 表明,DNA C-值与倍性的关系并不明显,但是,如果从基因组大小来分析(表 4),随着植物倍性的增加,基因组在变小,这无论在木本、草本、双子叶植物还是单子叶植物中均有如此规律。

表 3 不同倍性植物的 DNA C-值

Table 3 DNA C-Values of different polypoidy

倍性 Ploidy	全部 All species		木本植物 Woody species		草本植物 Herbaceous species		双子叶植物 Dicots		单子叶植物 Monocots	
	物种数 Species number	平均值 Mean (pg)	物种数 Species number	平均值 Mean (pg)	物种数 Species number	平均值 Mean (pg)	物种数 Species number	平均值 Mean (pg)	物种数 Species number	平均值 Mean (pg)
2	310	3.53	108	1.95	202	4.38	227	2.00	83	7.72
4	86	5.56	20	1.48	66	6.79	58	2.67	28	11.55
6	20	6.80	1	2.10	19	7.05	10	4.39	10	9.21
8	6	2.78	3	2.15	3	3.42	5	2.71	1	3.15

表 4 不同倍性植物的基因组大小

Table 4 DNA per basic enome of different polypoidy

倍性 Ploidy	全部 All species		木本植物 Woody species		草本植物 Herbaceous species		双子叶植物 Dicots		单子叶植物 Monocots	
	物种数 Species number	平均值 Mean (pg)	物种数 Species number	平均值 Mean (pg)	物种数 Species number	平均值 Mean (pg)	物种数 Species number	平均值 Mean (pg)	物种数 Species number	平均值 Mean (pg)
2	310	3.53	108	1.95	202	4.38	227	2.00	83	7.72
4	86	2.78	20	0.74	66	3.40	58	1.33	28	5.77
6	20	2.27	1	0.70	19	2.35	10	1.46	10	3.07
8	6	0.70	3	0.54	3	0.85	5	0.68	1	0.79

(9) 在同一科、属中,与非杂草相比,典型杂草的 DNA C-值(或基因组大小)往往偏小(附表)。例如天南星科中的水生杂草大藻,其 DNAC-值为 0.31 pg,低于该科的平均值 4.18 pg;莴苣属(*Lactuca*)的毒莴苣(*Lactuca serriola*)的 DNA C-值为 1.85 pg,而栽培植物莴苣(*Lactuca sativa*)的则为 2.7 pg;石竹科的蚤缀(*Arenaria serpyllifolia*)、卷耳(*Cerastium arvense*)、繁缕(*Stellaria media*)的基因组大小分别为 0.4 pg、0.65 pg 和 0.30 pg,低于喜泉卷耳(*Cerastium fontanum*)这一非杂草的 DNAC 值 0.88 pg;在菊科植物中,蓍(*Achillea millefolium*)作为杂草,具有较高的 DNAC 值,但是,该种并非是典型的杂草,除此之外,鬼针草(*Bidens pilosa*)、加拿大一枝黄花、牛膝菊(*Galinsoga parviflora*)、续断菊(*Sonchus asper*)、苦苣菜(*Sonchus oleraceus*)这些典型的外来入侵种的 DNA C-值分别为 1.70、1.60、1.25、1.85、1.60 pg,远低于该科的平均 DNA C 值(3.2 pg);尽管十字花科具有较低的 DNA C-值,但是(*Arabidopsis thaliana*)、荠(*Capsella bursa-pastoris*)、碎米荠(*Cardamine hirsuta*)这些杂草性较强的 DNA C-值分别为 0.2、0.7 pg 和 0.23 pg,也低于该科的平均 DNA C-值(0.89 pg);同样的大戟属植物,外来入侵种飞扬草(*Euphorbia hirta*)、蓖麻的 DNA C 值分别为 0.65、0.30 pg,而非杂草的木薯(*Manihot esculenta*)、一品红(*Euphorbia pulcherrima*)的则分别为 0.8 pg 和 1.30 pg;禾本科植物具有较高的 DNA C-值,统计的 53 种禾本科植物的 DNA C 值平均为 3.75 pg,而该科中的 31 种杂草的 DNA C-值平均为 2.79 pg;虽然豆科中的杂草的平均 DNA C-值与该科的 DNA C-值的平均值相近,这可能与统计的分类群中有众多的木本植物有关,但是,如果以相同生活型的同一属进行比较,仍会发现杂草的 DNA C-值偏小,例如本文统计的 12 种碗豆属植物的平均 DNA C-值为 5.47 pg,而其中的 7 种杂草的平均 DNA C-值为 3.93 pg;在伞

形科中,外来入侵种野胡萝卜(*Daucus carota*)的 DNA C-值仅为 0.55 pg,远低于该科的平均值 3.46 pg。

3 讨论

由于 DNA C-值(基因组大小)变异主要不是由编码 DNA,而是由非编码 DNA 部分所造成的^[18~20]。因此,除了编码 DNA 影响植物的表型,通过核 DNA 本身的重量及体积(即非编码 DNA 因素),也会影响植物的表型^[36,37]。资料表明,DNA C-值与有丝分裂中期染色体总长度、总体积呈正相关^[38~40],与核总体积呈正相关^[41,42],与细胞面积和体积呈正相关,即 DNA C-值大的物种,细胞普遍要大^[23];其次,DNA C-值与间期核 RNA、蛋白质、核仁和细胞核的总干重以及细胞重呈正相关^[43~45]。Bennett^[46]发现,DNA C-值高的一些植物,其细胞有丝分裂和减数分裂周期持续时间、花粉发育持续时间较长。细胞水平上的核型效应是可加成的,且可扩展到对多细胞组织结构的大小、重量、发育速率等。Lawrence^[23]报道了 DNA 含量与辐射对称植物头状花序直径以及两性小花的长度呈正相关的关系,千里光属(*Senecio*)的株高受到 DNA C-值影响;葱属(*Allium*)、野豌豆属(*Vicia*)、还阳参属(*Crepis*)和部分豆科植物中,DNA C-值与种子重量之间也有极大的正相关。

DNA C-值越小,整株植物的最大发育速率越快,其最短世代时间就越短^[37]。对千里光属(*Senecio*)和 162 种英国植物的分析后发现,低的 DNA C-值的植物,生活型倾向于短命植物和 1 年生植物,高的 DNA C-值的植物,倾向于多年生植物,专性多年生植物的 DNA C-值最大^[23,47],对中国境内有分布的 539 种被子植物的 DNA C-值统计,也发现有同样的规律。因此,DNA C-值影响着植物能够呈现的生活周期类型。Bennett^[46]研究表明,随着 DNA C-值的增加,植物生活周期呈现类型的范围会减小,核 DNA 含量可以限制一个物种在基因控制下显现的生活史的类型^[48]。由于最短世代时间决定一个物种在特定的有限时间的环境中的生存和繁殖能力,最短世代时间就具有重要的生态适应意义^[26],从而也使 DNA 含量与生态适应重要性相联系。

随着倍性的增加,基因组大小变小,其生活史选择倾向于 1 年生或短命植物。多倍体植物在高纬度地区的比例较高,而高纬度地区由于严寒等不利条件,生活史短类群具有适应上的优势。

以上资料说明,DNA C-值越小,染色体体积越小,细胞核与细胞体积也越小,细胞最短增殖时间也就相应变短,分生组织生长速率便越快,幼苗生长速率快,竞争能力强,世代时间有可能变短,呈现不同的生活周期类型的可能性加大,生态适应性越大,植物的入侵性也就越强。由此可以推测,DNA C-值小的植物可能具有更强的入侵性^[49]。

但是,根据中国境内有分布的 539 个分类群的 DNA C-值统计结果,DNA C-值在外来物种入侵性评估中的应用中,应该注意以下几个方面:

总体上杂草或杂草性强的植物,它们的 DNA C-值比非杂草性植物的要小,但是,应用 DNA C 值的评估价值限于草本植物中,因为木本植物的 DNA C-值普遍地要小于草本植物,而目前我国境内发现的危害严重的入侵种绝大部分为草本植物。

在统计的 134 种杂草中,它们的 DNA C-值平均为 1.93 pg,其中有 78 种杂草的 DNA C 值小于 1.5 pg,这说明杂草的 DNA C-值往往较小。但是也有些例外,例如恶性杂草野燕麦的 DNA C-值高达 14.15 pg,蓍、饭包草(*Commelina benghalensis*)、苇状羊茅(*Festuca arundinacea*)的 DNA C-值也在 7.5~7.65 pg,尽管后三者不是典型的杂草;而同样是草本植物的科,例如十字花科的非杂草栽培植物,却具有极低的 DNA C-值,例如油菜(*Brassica campestris*)、甘蓝(*Brassica oleracea* var. *capitata*)、花椰菜(*Brassica oleracea* var. *botrytis*)、抱子甘蓝(*Brassica oleracea* var. *gemmifera*)等的 DNA C-值分别仅为 0.6~0.7 pg;同样在葫芦科中的甜瓜(*Cucumis melo* cv. *cantalupensis*)、黄瓜(*Cucumis sativus*)和西葫芦(*Cucurbita pepo*)等栽培植物的 DNA C-值也仅为 0.4~0.9 pg。由于在木本植物和草本植物之间、单子叶与双子叶植物之间、1 年生和多年生植物之间,特别是在不同的科之间,植物的 DNA C-值较明显的差异,因此,根据 DNA C-值预测外来物种的入侵性,应该限于同一科(或属)内相同生活型的相关物种间的比较。

References:

- [1] Guo S L. Study on the origination, spread and bioecological characteristics of exotic weeds. *Guihaia*, 1995, 15(1): 89—95.

- [2] Guo S L, Li Y H. A new exotic weed in China- *Veronica hederifolia*. *Za Cao Ke Xue*, 1996, 3: 4—5.
- [3] Ding B Y. *Cabomba* Aublet. (Cabombaceae), a newly naturalized genus of China. *Acta Phytotaxonomica Sinica*, 2000, 38(2): 198—200.
- [4] Jiang M, Ding B Y, Cao J S. A exotic weed-*Oenothera laciniata*. *Plant Quarantine*, 2004, 18(5): 285—287.
- [5] Gaudet C L, Keddy P A. A comparative approach to predicting competitive ability from plant traits. *Nature*, 1988, 334(6179): 243—244.
- [6] Walck J L, Baskin J M, Baskin C C. Why is *Solidago shortii* narrowly endemic and *S. altissima* geographically widespread? A Comprehensive comparative study of biological traits. *Journal of Biogeography*, 2001, 28(10): 1221—1231.
- [7] Pheloung P C, Williams P A, Halloy S R. A Weed risk assessment model for use as a biosecurity tool evaluating plant introductions. *Journal of Environmental Management*, 1999, 57(4): 239—251.
- [8] Zalba S M, Sonagliani M I, Compagnoni C A, *et al.* Using a habitat model to assess the risk of invasion by an exotic plant. *Biological Conservation*, 2000, 93(2): 203—208.
- [9] Li Z Y, Xie Y. *Invasive alien species in china*. Beijing: China Forestry Publishing House, 2002.
- [10] Maillet J, Lopez-Garcia C. What criteria are relevant for predicting the invasive capacity of a new agricultural? The case of invasive American species in France. *Weed Research*, 2000, 40(1): 11—26.
- [11] Rejmek M. Invasive plants: approaches and predictions. *Austral Ecology*, 2000, 25(5): 497—507.
- [12] Huang J H, Han X G, Yang Q E, *et al.* Fundamentals of invasive species biology and ecology. *Chinese Biodiversity*, 2003, 11(3): 240—247.
- [13] Gao Z X, Ji R, Xu N M, *et al.* Biological invasions: process, mechanism and prediction. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(3): 559—570.
- [14] Daehler C C. Variation in self-fertility and the reproductive advantage of self-fertility for an invading plant (*Spartina alterniflora*). *Evolutionary Ecology*, 1998, 12(5): 553—568.
- [15] Daehler C C, Carino D A. Predicting invasive plants: prospects for a general screening system based on current regional models. *Biological Invasions*, 2000, 2(2): 93—102.
- [16] Pimentel D, Lach L, Zuniga R, *et al.* Environmental and Economic Costs of Nonindigenous Species in the United States. *BioScience*, 2000, 50(1): 53—65.
- [17] Thomas C A. The genetic organization of the chromosomes. *Annual Review of Genetics*, 1971, 5: 237—256.
- [18] Chen J H. C-paradox and its mechanism. *Journal of Luoyang University*, 1994, 9(2): 14—20.
- [19] Cavalier-Smith T. Eukaryote gene numbers, non-coding DNA and genome size. In: Cavalier-Smith T ed. *The Evolution of Genome Size*. John Wiley & Sons, Chichester, 1985, 69—103.
- [20] Cavalier-Smith T. Cell volume and the evolution of eukaryotic genome size. In: Cavalier-Smith T ed. *The Evolution of Genome Size*, John Wiley & Sons, Chichester, 1985. 105—184.
- [21] Su X J. What is the significance of the non-coding DNA sequences? *Scientific & Technical Trends Abroad*, 2000, 11: 32—33.
- [22] Bennett M D, Leitch I J, Hanson L. DNA amounts in two samples of angiosperm weeds. *Annals of Botany*, 1998, 82(Supplement A)(6): 121—134.
- [23] Lawrence M E, Senecio L. (Asteraceae) in Australia: nuclear DNA amounts. *Australian Journal of Botany*, 1985, 33(2): 221—232.
- [24] Hughes C E, Styles B T. The benefits and potential risks of woody legume introductions. *International Tree Crops Journal*, 1987, 4: 209—248.
- [25] Rejmek M. A theory of seed plant invasiveness: the first sketch. *Biological Conservation*, 1996, 78(1): 171—181.
- [26] Bennett M D. Variation in genomic form in plants and its ecological implications. *New Phytologist*, 1987, 106(1): 177—200.
- [27] Poggio L, Rosato M, Chiavarino A M, *et al.* Genome Size and Environmental Correlations in Maize (*Zea mays* ssp. *mays*, Poaceae). *Annals of Botany*, 1998, 82(Supplement A)(6): 107—115.
- [28] Bennett M D, Leitch I J. Nuclear DNA amounts in angiosperms. *Annals of Botany*, 1995, 76(2): 113—176.
- [29] Bennett M D, Leitch I J. Nuclear DNA amounts in angiosperms-583 new estimates. *Annals of Botany*, 1997, 80(2): 169—196.
- [30] Bennett M D, Leitch I J. Nuclear DNA amounts in angiosperms: progress, problems and prospects. *Annals of Botany*, 2005, 95(1): 45—90.
- [31] Garcia S, Sanz M, Garnatje T, Kreitschitz A, *et al.* Variation of DNA amount in 47 populations of the subtribe Artemisiinae and related taxa (Asteraceae, Anthemideae): karyological, ecological, and systematic implications. *Genome*, 2004, 47(6): 1004—1014.
- [32] Meng R G, Finn C. Determining ploidy level and nuclear DNA content in *Rubus* by flow cytometry. *Journal of American Horticultural Science*, 2002, 127(5): 767—775.
- [33] Li Y H. *Weeds in China*. Beijing: China Agriculture Press, 1998.
- [34] Leitch I J, Bennett M D. Genome downsizing in polyploid plants. *Biological Journal of the Linnean Society*, 2004, 82(4): 651—663.
- [35] Baker H G. Characteristics and modes of origin of seeds. In: Baker H G, Stebbins G L, eds. *The Genetics of Colonizing Species*. Academic Press, 1965, 147—169.
- [36] Bennett M D. The duration of meiosis. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B*, 1971, 178(1052): 259—275.

- [37] Bennett M D. Nuclear DNA content and minimum generation time. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B*, 1972, 178: 259—275.
- [38] Rees H, Cameron F M, Hazarika M H, *et al.* Nuclear variation between diploid angiosperms. *Nature*, 1996, 211(51): 828—830.
- [39] Bennett M D, Heslop-Harrison J S, Smith J B, *et al.* DNA density in mitotic and meiotic metaphase chromosomes of plants and animals. *Journal of Cell Science*, 1983, 63(1): 173—179.
- [40] Anderson L K, Stack S M, Fox M H, *et al.* The relation between genome size and synaptonemal complex length in higher plants. *Experimental Cell Research*, 1985, 156(2): 367—377.
- [41] Baetcke K P, Sparrow A H, Naumann C H, *et al.* The relationship of DNA content to nuclear and chromosome volumes and radiosensitivity (LD50). *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 1967, 58(2): 533—540.
- [42] Edwards G A, Endrizzi J E. Cell size, nuclear size and DNA content relationships in gossypium. *Canadian Journal of Genetics and Cytology*, 1975, 17: 181—186.
- [43] Sunderland N, McLeish J. Nucleic acid content and concentration in root cells of higher plants. *Experimental Cell Research*, 1961, 24: 541—554.
- [44] Pegington C, Rees H. Chromosome weights and measures in the Triticinae. *Heredity*, 1970, 25: 195—205.
- [45] Martin P G. Variation in the amounts of nucleic acids in the cells of different species of higher plants. *Experimental Cell Research*, 1966, 44(1): 84—98.
- [46] Bennett M D. The time and duration of meiosis. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B*, 1977, 277(955): 201—226.
- [47] Grime J P, Mowforth M A. Variation in genome size—an ecological interpretation. *Nature*, 1982, 299(5879): 151—153.
- [48] Smith J B, Bennett M D. DNA variation in the genus *Ranunculus*. *Heredity*, 1975, 35: 231—239.
- [49] Ni L P, Guo S L. Review on relationship between invasiveness of plants and their DNA C-value. *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(9): 239—249.

参考文献:

- [1] 郭水良. 外域杂草的产生、传播及生物与生态学特性的分析. *广西植物*, 1995, 15(1): 89~95.
- [2] 郭水良, 李扬汉. 新外来杂草——常春藤叶婆婆纳. *杂草科学*, 1996, 3: 4~5.
- [3] 丁炳扬. 中国水生植物—新归化属——水盾草属(莼菜科). *植物分类学报*, 2000, 38(2): 198~200.
- [4] 蒋明, 丁炳扬, 曹家树. 外来杂草——裂叶月见草. *植物检疫*, 2004, 18(5): 285~287.
- [9] 李振宇, 解焱. 中国外来入侵种, 北京: 中国林业出版社, 2002.
- [12] 黄建辉, 韩兴国, 杨亲二, 等. 外来种入侵的生物学与生态学基础的若干问题. *生物多样性*, 2003, 11(3): 240~247.
- [13] 高增祥, 季荣, 徐汝梅, 等. 外来种入侵的过程、机理和预测. *生态学报*, 2003, 23(3): 559~570.
- [21] 苏筱娟. 编码 DNA 到底有没有用? *国外科技动态*, 2000, 11: 32~33.
- [33] 李扬汉主编. 中国杂草志. 北京: 中国农业出版社, 1998.
- [44] 倪丽萍, 郭水良. 论 DNA C-值与植物入侵性的关系. *生态学报*, 2005, 25(9): 239~249.