

东北样带上的克隆植物及其重要性与环境的关系

宋明华, 董 鸣*, 蒋高明, 李凌浩

(中国科学院植物研究所植被数量生态学开放研究实验室, 北京 100093)

摘要: 1997 年野外调查资料, 对中国东北样带克隆植物沿样带的分布、克隆植物在群落中的重要性以及其与环境因子之间的关系进行了研究。结果表明: 克隆植物相对种数 (C/P_t) 和克隆植物相对重要值 (IV) 随样带上环境梯度变化呈增加的趋势。群落中克隆植物相对种数与土壤全氮含量负相关, 与海拔高度正相关, 与年平均温度和年降水相关不显著; 克隆植物相对重要值与土壤全氮含量负相关, 与海拔高度正相关, 与年平均温度和年降水相关不显著。研究还发现, 群落中克隆植物种数与非克隆植物种数随样带上海拔高度、年平均温度、年降水梯度变化相关性较差, 而克隆植物种数与土壤全氮含量负相关不显著, 非克隆植物种数与土壤全氮含量正相关不显著。根茎型、分蘖型及鳞茎球茎型克隆植物在土壤湿度较差的生境中出现频率较高, 而匍匐茎型、根茎鳞茎及根茎球茎型克隆植物在土壤湿度较好的生境中出现频率较高。

关键词: 克隆植物; 中国东北样带 (NECT); 环境梯度; 克隆植物重要性

Clonal plants along NECT and relation of their importance to environmental conditions

SONG Ming-Hua, DONG Ming*, JIANG Gao-Ming, LI Ling-Hao (Lab. of Quantitative Vegetation Ecology, Institute of Botany, the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093, China)

Abstract: Northeast China Transect (NECT) is a transect designated for Global Change and Terrestrial Ecosystem Program (GCTE) and recognized by the International Geographical and Biological Plan (IGBP) as one of the four major global transects (GCTE core project office 1994). It extends from the northern Changbai Mountains of Jilin Province through the Songliao plain to the plateau of Inner Mongolia, at approximately $112 \sim 130^{\circ}30' E$ and $43^{\circ}30' \sim 44^{\circ}30' N$. The altitudes range from 120 to 1700m along the NECT. Along the transect from east to west, there are decreasing gradients of precipitation and temperature as well as variations in plant communities and the soil nitrogen content. Quadrats along the NECT were set up and the number, coverage and frequency of each species were investigated from 14 July to 1 August 1997. Based on the data, the richness and importance of each species were calculated. The distribution and the role of clonal plants in the communities along the NECT were investigated. Regression analysis was used to discover the relationship between importance of clonal plants and environmental factors. Our result show that the positions of clonal plants in phylogenetic tree were different significantly. They occurred in most of the families. Out of 315 plant species occurred in the NECT, 155 were clonal plant species. They belong to 38 families and 88 genus respectively. The result supports the multi-originated hypotheses of plant clonality. It was evident that there were more abundant clonal plants in monocots than that of in dicotyledon species, indicating a strong phylogenetic factor in evolution of clonality al-

基金项目: 国家重点基础研究发展规划 (G2000018607) 和国家杰出青年科学基金 (No. 39825106) 资助项目

承蒙中国科学院植物研究所郭柯和倪健研究员的帮助, 谨致谢忱。

* 通讯作者 Author for correspondence (dongming@public.east.net.cn)

收稿日期: 2000-06-28; 修订日期: 2000-11-30

作者简介: 宋明华 (1972-), 女, 内蒙古人, 博士。主要从事克隆植物生态学研究。

though this does not preclude ecological interpretations. 155 clonal plants belong to 15 geographic elements respectively. Clonal plants were abundant in Dahurica-Mongolia and Pan-Arctic pole component and scarce in North China, Ancient Mediterranean, Europe-Sibiricum and World component. Clonal plants commonly were perennial grasses and shrubs, but less were annual and woody species. Plant species with different clonal growth from were unevenly and non-randomly distributed among 155 clonal plants and plant families. Rhizomatous clonal plants were abundant. However, tuberous, bulbous and stoloniferous clonal plants were scarce, and were restricted to *Rosaceae* and *Liliaceae* respectively. Clonality was unevenly distributed over the six vegetation types along the NECT. Species relative frequency of clonal plants (C/P_i) and relative importance value of clonal plants (IV) along the environmental gradient in NECT show a ascending-trend from the east to the west. Clonal plants were abundant in the typical steppe and the desert steppe. Clonal plants played a more important role in the typical steppe and the desert steppe than that in other vegetation types. Species relative frequency as well as importance of clonal plants was negatively correlated to total nitrogenous content in the soil (N) respectively, and positively correlated to elevation respectively, but not significantly correlated to mean annual temperature or annual precipitation respectively. The correlations between the number of clonal plants, non-clonal plants and elevation, mean annual temperature or annual precipitation were not significant, and the same pattern to non-clonal plants. While the number of clonal plants tended to negatively correlate to N, but the correlation was not significantly at $p=0.05$, which is contrary to non-clonal plants. These indicates that the occurrence of clonal plants and non-clonal plants varied markedly different among the plant communities of NECT. Clonal plants were adaptive under stressed conditions such as in lower soil nitrogen content and drier habitats, whereas non-clonal plants were favored under more optimal conditions, which imply that clonality may have great significance in the evolutionary processes. There was marked difference in the distribution of clonal growth forms along NECT. Rhizomatous, tillering, bulbous and tuberous types occurred in the most of communities. They were abundant and play a prominent role in the relatively dry habitats, while stoloniferous and rhizomatous with tuberous or bulbous types often appeared in the relatively humid habitats.

Key words: clonal plant; clonal growth form; northeast China Transect; environmental gradient; importance of clonal plants

文章编号:1000-0933(2001)07-1095-09 中图分类号:Q948 文献标识码:A

植物的克隆生长(Clonal growth)是指植物在自然条件下实现无性繁殖的营养生长。具有克隆生长习性的植物为克隆植物(Clonal plant)。克隆植物在植物界广泛存在。高等植物中几乎所有的苔藓植物、绝大部分蕨类植物和许多被子植物都是克隆植物^[1]。克隆植物是几乎所有类型生态系统的组成成分,并在许多生态系统中处于优势地位^[2]。植物的克隆生长具有重要的生态适应意义。克隆植物具有强的水平扩展能力和抗扰动能力,即便在强扰动生境里,它们也能较有效地利用资源,迅速开拓新生境,扩大种群^[2],在植被演替过程中起重要作用^[3]。

克隆植物在不同生态系统中的丰度和重要性是不同的,揭示克隆植物在不同类型生态系统中的重要性及其与环境因子间的关系是克隆植物生态学研究的重要内容。1997年在中欧进行的克隆植物与环境条件的分析^[4],是目前仅有的在大空间尺度(区域尺度)上的克隆植物分布及其与环境的关系研究。该研究结果表明,除在极端干旱生境中克隆植物与非克隆植物出现频率无明显差异外,克隆植物在高海拔地区占主导地位,较喜欢遮荫生境,在低氮土壤中出现的频率较高,入侵能力非常强。

本研究为数据约 300km 宽的中国东北样带^[5]为平台,探讨克隆植物在不同群落类型和不同分类单位的分布,克隆植物在群落中的重要性与海拔高度、年降水量、年均温和土壤全氮含量等环境因子之

间的关系。

1 研究方法

1.1 研究地点

本研究在中国东北样带(Northeast China Transect,简称东北样带或NECT)上进行。东北样带是IGBP认可的全球示范性陆地样带。它东起吉林省长白山北部的珲春(约 $131^{\circ}07'E$, $43^{\circ}01'N$),穿越松辽平原,延伸至内蒙古高原的二连浩特(约 $114^{\circ}25'E$, $43^{\circ}54'N$)。东西长约1600km,南北宽约300km(在北纬 $42^{\circ}\sim 46^{\circ}$ 间)。沿东北样带的海拔高度在120~1700m。由东向西气候类型依次为湿润、半湿润、半干旱。年平均温度为 $-1.8\sim 6.5^{\circ}C$,1月份温度为 $-20\sim -12^{\circ}C$,7月份温度为 $19.8\sim 23.6^{\circ}C$,年平均降水为130~706mm^[5]。土壤类型依次为黑棕壤、灰棕壤、棕壤、黑色草甸土、黑钙土、栗钙土、棕钙土,植被类型依次为温带落叶阔叶林、森林草原、温带草甸草原、温带典型草原和温带荒漠草原^[6]。

1.2 数据调查与分析

野外调查工作在1997年7月4日到8月1日间进行。由东向西,每隔50km用全球定位系统(Global Positioning System,GPS)确定经纬度,用海拔表测定高程,设点调查所属植被类型、土壤类型及土地利用状况。样带上共设29个点,包括5个森林区点,20个草原区(草甸草原、典型草原和农作物区)点和4个荒漠草原区点(见表1)。在森林区的每一点上,设一样方调查乔木层(样方面积为 $20m\times 30m$),其内设6个调查灌木层的样方(每个为 $2m\times 2m$)和6个调查草本层的样方(每个为 $1m\times 1m$)。在乔木层样方中,记录每一物种的株数、盖度、高度,在灌木层和草本层样方中记录每一物种的株数、盖度、高度。在草原区和荒漠草原区的每一点上,设6个草本层样方(每个为 $1m\times 1m$),记录每一种的盖度、高度和频度指标。

野外调查完成后,收集样带内110个气象站1997年的年平均温度与降水等气象资料。根据《中国土壤氮素》^[7]确定各调查点所属土壤类型的土壤全N含量范围,取其均值为代表。根据《中国高等植物图鉴》、《东北植物检索表》、《内蒙古植物志》及相关文献^[8~10],确定所调查到植物的生长型和克隆生长类型。

本研究中,克隆植物在群落中的重要性用群落中克隆植物的累计重要值占群落中所有植物累计重要值的百分比,即克隆植物相对重要值(IV_c)表示。群落中植物重要值的计算方法见《陆地生物群落调查观测与分析》^[11,12]。运用回归分析方法分析克隆植物沿东北样带的分布及其重要性与环境变化的关系。

2 研究结果

2.1 东北样带上克隆植物的类群、区系成分、生活型和克隆生长型

2.1.1 植物类群和植物区系 东北样带取样区域内共有315种植物,分别属于66科180属。其中克隆植物155种分别属于38科,88属,分别占有植物种的49.2%,科的57.6%,属的48.9%。非克隆植物160种分别属于28科,92属,分别占有植物种的51.8%,科的43.4%,属的51.1%。东北样带上的克隆植物可属于系统位置非常不同的科(图1)。

东北样带取样区域所有315种植物分别属于15种区系成分,其中属达乌里-蒙古种的植物最多,其次是东亚种,最少的是欧洲-西伯利亚种。155种克隆植物分别属于15种区系成分,其中属达乌里-蒙古成分和泛北极成分的克隆植物较多,华北、古地中海、欧洲-西伯利亚和世界成分的克隆植物较少。160种非克隆植物中属于达乌里-蒙古种与东亚种的植物较多(表2)。

2.1.2 植物生活型和克隆生长型 东北样带取样区域内的315种植物中,有克隆植物155种,非克隆植物160种。克隆植物的生活型以多年生草本为主,多年生草本中克隆植物占63.7%;灌木中克隆植物占42.8%;1年生草本、乔木中无克隆植物。单子叶克隆植物63种,占克隆植物总数的40.6%;其中禾本科克隆植物28种,占克隆植物总数的18.1%。克隆植物中,根茎型植物最多(123种,占79.4%),其次是分蘖型植物(16种,占10.3%)与鳞茎球茎型植物(10种,占6.5%),块根型植物(4种,占2.5%)和匍匐茎型植物(2种,占1.2%)最少(图1)。

2.2 环境因子、克隆植物及其重要性沿东北样带的变化

2.2.1 环境因子数据 7年的环境因子资料显示,沿东北样带,年降水在森林草原区从503.1mm增加到569.2mm,在农作物区达到了最大值648.5mm,随后开始下降,在荒漠草原区降到最小值200.3mm。年平

均温度沿东北样带变化幅度不大,最高值出现在草甸草原区,为 6.48℃,在典型草原区与荒漠草原区下降,最终降至 1.21℃。海拔高度沿东北样带变化幅度较大,最小值出现在森林与草原过渡带的农作物区,为 152m,随后逐渐升高,在典型草原区达到最大值 1459m,荒漠草原区又下降到 1012m(图 1 A, B, C)。

表 1 环境与植被特征值沿东北样带变化情况

Table 1 Description of environmental and vegetative characteristics along the NECT

样点号 Plots	样点距样带东端距离 Distance to the east end of NECT (km)	纬度 Latitude	经度 Longitude	海拔高度 Elevation (m)	年均温 T (°C)	年降水 P (mm)	土壤全氮含量 $N(\%)$	土壤类型 Soil types	植被类型 Vegetation type	克隆植物物种数 C	植物总物种数 P_t	克隆植物物种数/植物总物种数 C/P_t	克隆植物重要值 IV_c
1	5	43°24'01"51	131°07'41"00	490	4.40	503.1	0.27	MDBS	MTMCFB	15	37	0.60	0.29
2	8	43°23'30"16	131°06'48"48	560	4.39	504.7	0.27	MDBS	MTMCFB	10	27	0.37	0.22
3	80	43°01'11"04	130°19'27"33	317	4.07	547.2	0.27	MGBS	TDBF	7	22	0.32	0.13
4	85	43°08'59"36	130°23'12"38	315	3.90	547.9	0.27	MGBS	TDBF	19	34	0.56	0.62
5	210	43°09'10"49	129°05'46"36	510	4.05	569.2	0.11	BE	TDBF	16	28	0.57	0.53
6	400	43°22'06"30	127°55'47"89	592	3.20	648.5	0.43	DMS	FL	14	30	0.47	0.37
7	470	43°47'06"58	127°25'36"03	320	3.93	568.9	0.43	DMS	FL	8	17	0.47	0.43
8	570	44°00'52"85	124°59'52"57	248	5.25	470.5	0.43	DMS	FL	8	14	0.57	0.46
9	620	44°13'17"89	123°57'22"44	243	5.61	412.4	0.43	DMS	FL	12	26	0.46	0.70
10	720	44°12'25"62	123°56'14"93	243	5.63	411.7	0.43	DMS	FL	21	43	0.49	0.52
11	740	43°35'33"20	123°17'20"62	152	6.06	410.6	0.43	DMS	FL	7	17	0.41	0.58
12	785	43°42'57"67	122°29'56"03	199	6.20	338.0	0.43	DMS	FL	10	23	0.44	0.32
13	885	43°33'58"80	121°59'45"05	209	6.41	312.3	0.28	Chernozem	Meadow steppe	3	12	0.25	0.21
14	965	43°37'54"82	121°25'37"36	253	6.45	303.2	0.28	Chernozem	Meadow steppe	5	14	0.36	0.20
15	1015	43°36'43"33	121°08'09"75	278	6.48	303.2	0.28	Chernozem	Meadow steppe	9	21	0.43	0.43
16	1065	43°52'16"97	120°08'10"36	442	6.03	320.1	0.28	Chernozem	Meadow steppe	22	34	0.65	0.80
17	1265	43°49'57"70	119°11'40"96	623	4.77	322.2	0.14	CS	TS	11	26	0.42	0.38
18	1326	43°44'42"14	118°57'41"35	708	4.62	318.7	0.14	CS	TS	13	16	0.81	0.97
19	1375	43°14'44"93	118°36'54"65	670	5.08	303.2	0.14	CS	TS	32	54	0.59	0.64
20	1435	43°14'43"44	118°36'47"92	664	5.08	303.2	0.14	CS	TS	30	47	0.64	0.69
21	1445	43°18'55"73	117°04'45"10	1300	3.16	331.9	0.14	CS	TS	19	38	0.5	0.74
22	1460	43°38'31"78	116°49'30"46	1459	2.51	300.3	0.14	CS	TS	19	24	0.79	0.91
23	1470	43°38'31"78	116°49'23"43	1448	2.51	300.3	0.14	CS	TS	24	33	0.73	0.84
24	1550	43°38'31"78	116°42'02"80	1248	2.02	288.5	0.14	CS	TS	11	18	0.61	0.67
25	1570	43°38'31"78	116°15'43"19	1160	0.78	300.3	0.14	CS	TS	13	19	0.68	0.81
26	1595	43°56'40"38	115°58'21"25	1060	1.63	238.0	0.05	BS	DS	12	25	0.48	0.76
27	1615	43°54'32"62	115°26'56"11	1182	1.37	261.5	0.05	BS	DS	13	17	0.76	0.81
28	1620	43°53'51"39	115°20'58"97	1199	1.39	206.7	0.05	BS	DS	7	10	0.70	0.44
29	1640	43°54'45"02	114°25'23"40	1012	1.21	200.3	0.05	BS	DS	26	36	0.72	0.85

* T —Annual temperature (°C), P —Annual precipitation (mm), N —Total nitrogenous content in soil (N), MDBS—Montane dark brown soil, MGBS—Montane grey brown soil, BE—brown earth, DMS—dark meadow soil, CS—chestnut soil, BS—brown soil, MTMCFB—Montane temperate mixed coniferous-broad-leaved forest, TDBF—temperate deciduous broad-leaved forest, FL—farmland, SM—saline-alkali meadow, LM—lowland meadow, TS—typical steppe, DS—desert steppe, C —the number of clonal species, P_t —the number of species, C/P_t —the number of clonal species/the number of species, IV_c —importance of clonal species/important of species.

沿东北样带,从东到西,土壤类型依次为:黑棕壤、灰棕壤、棕壤、黑色草甸土、黑钙土、栗钙土、棕钙土。不同土壤类型具有不同的土壤全氮含量(N),其中,黑色草甸土的 N 值最高,为 0.42,棕色荒漠土的 N 值最低,为 0.05(图 1 D)。

2.2.2 克隆植物物种数 沿东北样带,群落中出现的植物物种总数在典型草原区达到最大值,为 54 种,在荒漠草原区达到最小值,为 10 种;群落中克隆植物种类数也在典型草原区达到最大值,为 32 种,在草甸草原区达到最小值(图 2 A)。沿 NECT 从东到西,克隆植物的重要值趋于上升,而非克隆植物的重要值趋于下降(图 2 B),克隆植物种类数与植物总种类数的比值沿样带自东向西增加(图 2 C),其式为:

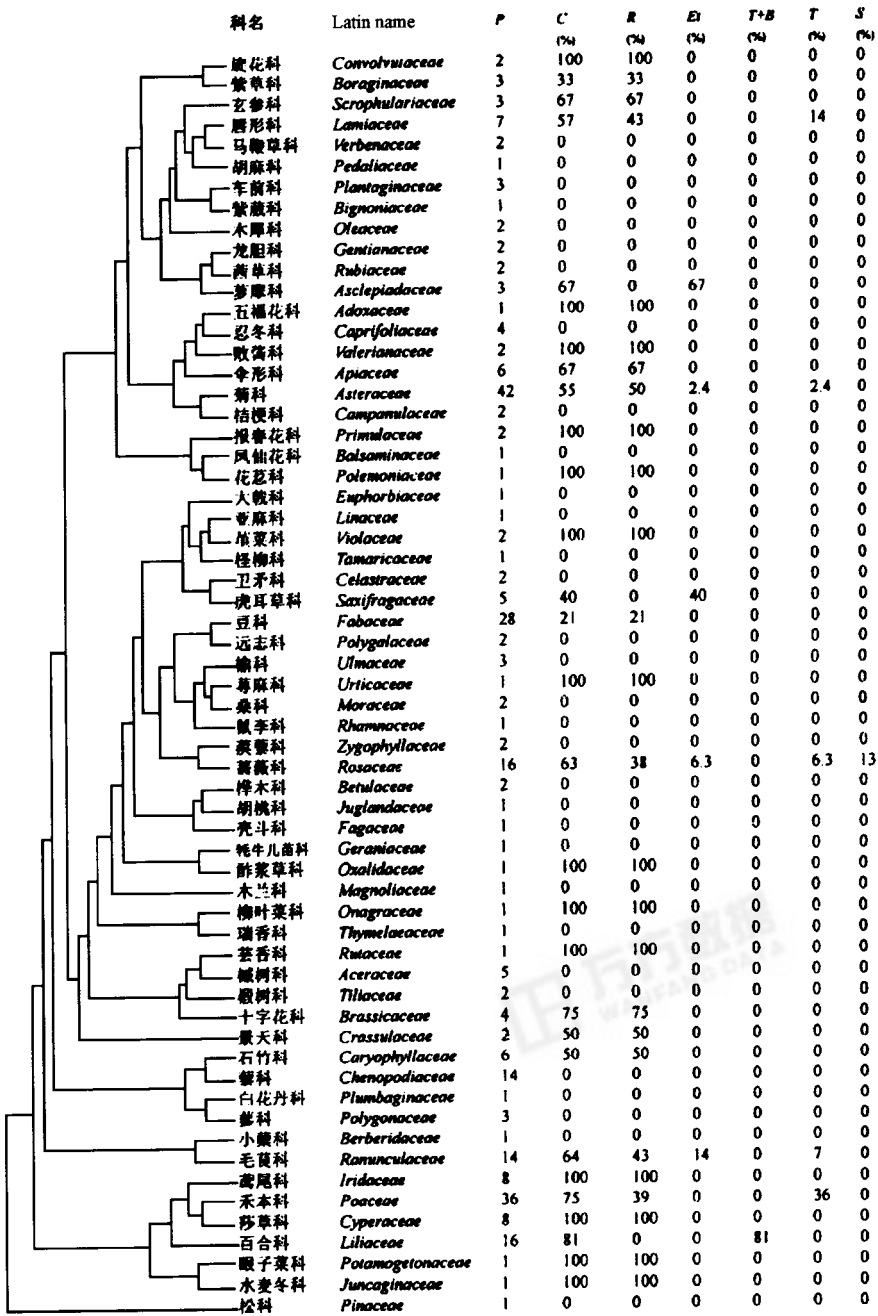


图 1 东北样带上克隆植物及不同克隆生长类型的克隆植物在各种中的分布比例

Fig. 1 Proportion of clonal plants and clonal plants with different clonal growth forms in individual families in the Northeast China Transect

* P—植物总数 C—克隆植物占植物总数百分比 R—根茎型占植物总数百分比 Et—块根型占植物总数百分比 T+B—球茎、鳞茎型占植物总数百分比 T—分蘖型占植物总数百分比 S—匍匐茎型占植物总数百分比

Note: P—the number of plants C—percentage of clonal plants R—percentage of rhizomatous plants Et—percentage of earth root plants T+B—percentage of tuber and bulb plants T—percentage of tillering plant S—percentage of stoloniferous plants. The phylogeny is based on an integrated system of classification of flowering plants^[13] and Chase *et al.*^[4]

表 2 东北样带上植物的区系成分
Table 2 Ecological geographic characteristics of the species along NECT

区系成分 Ecological geographic characteristics	物种数目 Number of species		克隆植物种数 Number of clonal species		非克隆植物种数 Number of non-clonal species	
	绝对数 Absolute	相对数(%) Relative	绝对数 Absolute	相对数(%) Relative	绝对数 Absolute	相对数(%) Relative
	世界种 World	10	3.2	4	2.6	6
泛北极种 Pan-arctic pole	35	11.1	27	17.4	8	5.0
古北极种 Ancient arctic	29	9.2	18	19.1	11	6.7
东古北极种 East ancient arctic	25	7.9	13	8.6	12	7.3
黑海-哈萨克-蒙古种 Black sea-Kazakstan-Mongolia species	6	1.9	4	2.6	2	1.2
哈萨克-蒙古种 Kazakstan-Mongolia species	13	4.1	9	6	4	2.4
中欧种 Central Europe	12	3.8	7	4.6	5	3
达乌里-蒙古种 Dahurica-Mongolia	67	21.3	35	23.2	32	19.5
蒙古种 Mongolia	9	2.9	5	3.3	4	2.4
欧洲-西伯利亚种 Europe-Sibiricum	2	0.6	2	1.3	0	0
东西伯利亚种 East Sibiricum	10	3.2	4	2.6	6	3.7
东亚种 East Asia	41	13	15	9.9	26	15.9
东北种 North east	13	4.1	6	4	7	4.3
华北种 North China	15	4.8	1	0.7	14	8.5
古地中海种 Ancient Mediterranean	6	1.9	1	0.7	5	3
不确定 Uncertainty	22	7	4	2.6	18	11
总计 Total	315	100	155	100	160	100

$$C/P_i = 0.4025 + 0.0001D$$

$$(R^2 = 0.2350, P < 0.01, n = 29) \quad (1)$$

式中, C/P_i 是克隆植物种数与植物总种数的比值, D 为取样地点距 NECT 最东端(0 点)的距离。沿样带从东往西, 在森林(Forest)、农作物区(Farmland)、草甸草原(Meadow steppe)、典型草原(Typical steppe)和荒漠草原(Desert steppe)中, 克隆植物种数占植物种数的比例分别为 48.4%、47.3%、42.3%、64.1%和 66.5%(表 1)。

2.2.3 克隆植物的克隆生长型 根茎型(Rhizomatous), 鳞茎球茎型(Tuber & bulb)、分蘖型(Tillering)克隆植物在沿东北样带的不同植被类型中均有分布。根茎型与分蘖型克隆植物在典型草原区出现频率最高。鳞茎球茎型克隆植物在荒漠草原区的频率较高, 在森林与草原过渡带受干扰的农作物区频率最低, 且二者存在显著差异。匍匐茎型(Stoloniferous)克隆植物在典型草原与荒漠草原区没有出现, 仅出现在森林草原与草甸草原区及过渡带的低湿地中。地下根茎和鳞茎或球茎型克隆植物在整个样带上出现的频率较低, 在荒漠草原没有分布。块根型(Root tuber)克隆植物在森林与草原过渡带内的农作物区没有分布, 在森林区分布的频率值显著高于典型草原区(表 3)。

2.2.4 克隆植物在群落中的重要性 在森林草原区与森林—草原过渡带群落中克隆植物相对重要值与非克隆植物相对重要值无显著差异。在草甸草原区, 克隆植物相对重要值显著低于非克隆植物相对重要值, 而在典型草原与荒漠草原区, 克隆植物相对重要值显著高于非克隆植物相对重要值。克隆植物相对重要值沿样带自东向西呈上升趋势, 这同克隆植物种数沿样带变化的趋势相似(图 2 D), 可用下式表示:

$$IV_c = 0.2979 + 0.0003D$$

$$(R^2 = 0.416, p < 0.001, n = 29) \quad (2)$$

上式中, IV_c 为克隆植物相对重要值, D 是样带上取样地点距 NECT 最东端(0 点)的距离。克隆植物的相对重要值在森林区为 49.4%, 在农作物区为 48.3%, 在草甸草原区为 41.0%, 在典型草原区为 73.9%, 在荒漠草原区为 71.5%(表 1)。

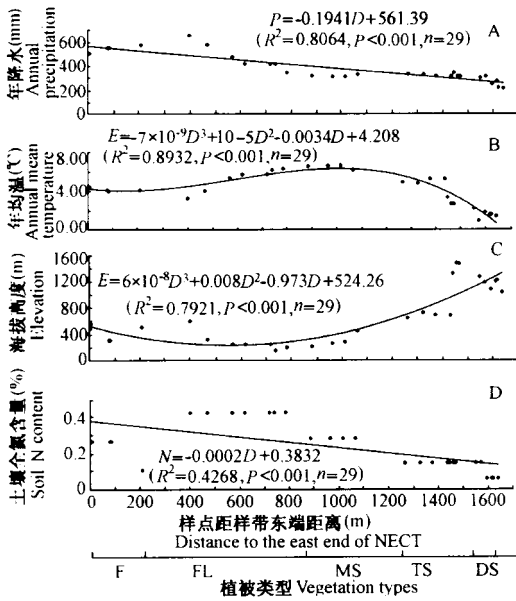


图2 环境因子沿 NECT 的变化

Fig. 2 Description of environmental factors along the NECT

F 温带针叶、落叶阔叶混交林 temperate mixed coniferous-deciduous-broad-leafed forest, FL 农作物区 farmland, MS 草甸草原 meadow steppe, TS 典型草原 typical steppe, DS 荒漠草原 desert steppe

0.3141 ($p < 0.05$), 0.0132 ($p > 0.05$), -0.2096 ($p > 0.05$), -0.3084 ($p < 0.05$).

表3 东北样带的不同植被类型中植物克隆生长型的分布

Table 3 The number of species with different clonal growth forms in different vegetation types along NECT

克隆生长型 Clonal growth forms	植被类型 Vegetation types				
	F	FL	MS	TS	DS
距样带东端距离(km) Distance to the east end of NECT	0~210	210~785	885~1065	1265~1570	1595~1640
根茎型 Rhizomatic	10.00 ± 1.70	8.86 ± 1.47	7.00 ± 3.89	14.56 ± 2.58	9.5 ± 3.77
块根型 Root tuber	1.00 ± 0.32	0.00 ± 0.00*	0.25 ± 0.25	0.22 ± 0.15*	0.25 ± 0.25
球茎鳞茎型 Tuber&bulb	1.00 ± 0.63	0.14 ± 0.01*	0.25 ± 0.05	1.33 ± 0.29	2.00 ± 0.41
根茎球茎(鳞茎)型 $R+t(b)$	0.60 ± 0.40	0.86 ± 0.40	0.75 ± 0.75	0.44 ± 0.24	0.00 ± 0.00
分蘖型 Tillering	0.60 ± 0.24*	0.86 ± 0.26*	0.75 ± 0.25*	2.56 ± 0.38	2.25 ± 0.48
匍匐型 Stoloniferous	0.20 ± 0.20	0.43 ± 0.20	0.25 ± 0.25	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00

* : 显著性水平 ($P < 0.05$); * : Significant difference ($p < 0.05$)

3 讨论

在整个东北样带上,克隆植物种数占所有植物种数比例沿东北样带,从东到西增加,从样带东端森林中的 48.4%、经农作物区的 47.3%、草甸草原的 42.3%、典型草原的 64.1%、达到样带西端荒漠草原的 66.5%。克隆植物的相对重要性由样带东端森林的 10.2%,经过农作物区的 48.3%,草甸草原的 41.0%,典型草原的 73.9%,达到西端荒漠草原的 71.5%。这些结果与国外所报道相似,其研究表明克隆生长是对恶劣环境适应的结果,如在寒冷、遮蔽、潮湿、高海拔及营养贫瘠的生境中,克隆植物出现频率较高^[4,15]。这些结果表明,克隆植物在不同类型生态系统中都占有重要的地位,在典型草原和荒漠草原中的地

2.3 东北样带上克隆植物与环境因子的关系

2.3.1 克隆植物种数与环境因子的关系 东北样带上,克隆植物种类数与植物种类数的比值与海拔高呈正相关,与土壤全氮含量呈负相关,与年均温和年降水量没有相关关系:

$$C/P_i = 0.344 + 0.00024E + 0.0055T + 0.00009P - 0.113N$$

$$(R^2 = 0.4277, p < 0.01, n = 29) \quad (3)$$

式中, C/P_i 、 E 、 T 、 P 和 N 分别为群落中克隆植物种类数/植物总种类数的比值、样带的海拔高度、年均温、年降水和土壤全氮含量。 C/P_i 与 E 、 T 、 P 、 N 的偏相关系数分别为 0.3487 ($p < 0.05$), 0.0413 ($p > 0.05$), 0.0672 ($p > 0.05$), -0.2247 ($p < 0.05$).

2.3.2 克隆植物重要性与环境因子的关系 东北样带上,克隆植物相对重要性与海拔高度呈正相关,与土壤全氮含量呈负相关,与年降水和年均温没有相关关系:

$$IV_c = 0.455 + 0.00033E + 0.00276T - 0.000452P - 0.197N$$

$$(R^2 = 0.413, p < 0.01, n = 29) \quad (4)$$

式中, IV_c 、 E 、 T 、 P 和 N 分别为克隆植物在群落中的相对重要值、样带的海拔高度、年均温、年降水量和土壤全氮含量。 IV_c 与 E 、 T 、 P 和 N 的偏相关系数分别为

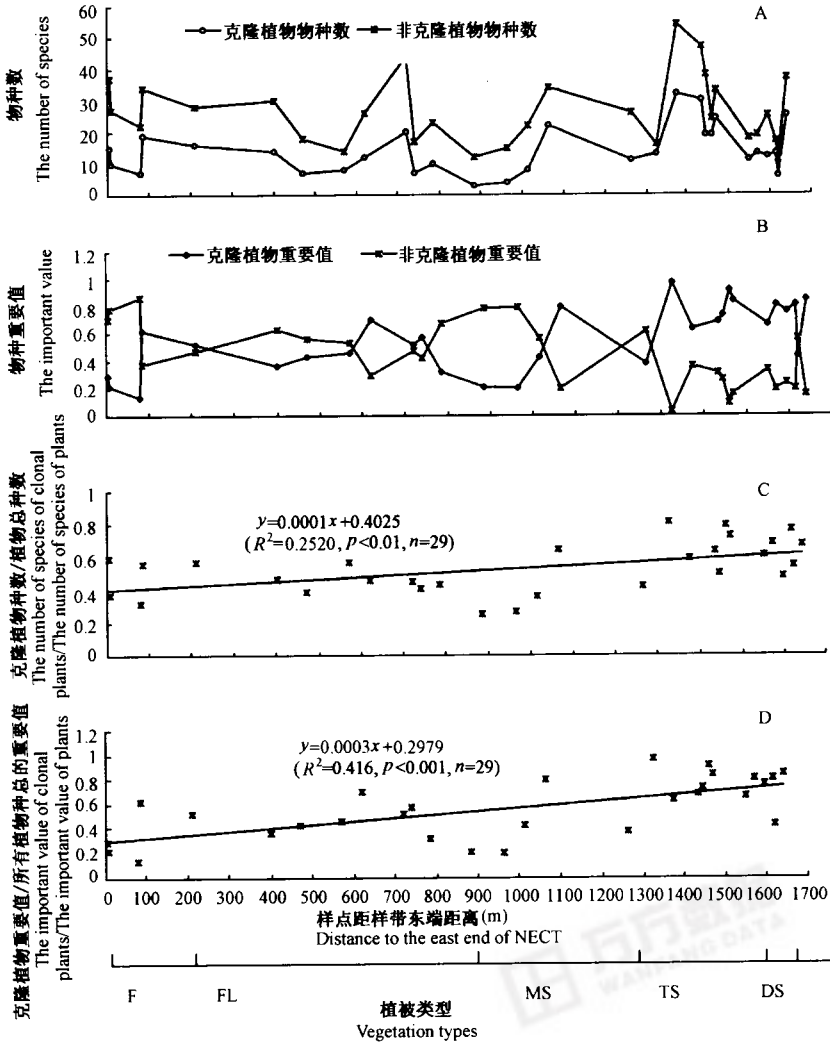


图 3 群落特征值沿 NECT 变化情况(A 克隆植物种数与非克隆植物种数 B 克隆植物与非克隆植物重要值 C 克隆植物与非克隆植物种数比例 D 克隆植物重要值占所有植物种重要值的比例)

Fig. 3 The characteristic value of community along the NECT(A The number of species of clonal plants and a-clonal plants B The important value of clonal plants/The important value of plants)

位尤其重要。

东北样带上出现多少克隆植物与系统位置没有必然的关系,被子植物中许多亲缘关系较远的科都有克隆植物,但克隆生长在单子叶植物中比在双子叶植物中更普遍。这与在欧州的研究结果相似,即克隆植物分布于系统位置不同的科中^[4,16]。这些研究结果支持了克隆生长习性在进化上是多元多次起源的假说(观点^[17,18]),因此克隆植物的进化生态学研究值得进一步深入。另一方面,克隆植物种的数量在不同系统位置的分类单位间的确存在差异,克隆植物在单子叶植物科中出现的频率比双子叶的高。因而,在研究植物克隆生长的生态适应意义时,也应注重植物系统发育因素的影响。

东北样带克隆植物生活型似乎与植物生活型有很强的相关,草本克隆植物种类明显多于木本克隆植物,表明大部分克隆植物不具有次生生长现象,主要利用克隆器官沿水平方向扩展。Mogie 和 Hutch-

ings 在研究克隆植物的个体发育与系统进化时,也表明了多数克隆植物不具有次生生长现象^[16]。同时,在多种植物克隆生长类型中,地下根状茎型克隆植物最为普遍。以地下根状茎为主要的克隆器官显然是与东北样带冬季都较寒冷的特点符合。在地表下的根状茎不仅能有效地贮藏越冬的芽,而且具有较大的物质和能量贮藏功能,有利于克隆植物越冬。

本文研究结果表明,在东北样带上,克隆植物的相对种类数量与海拔高度正相关,与土壤全氮含量负相关。但是克隆植物的相对种类数量与年均温和年降水没有相关性。综合起来看,在东北样带上,克隆植物在海拔较高、湿度较低、土壤较贫瘠的环境中较多。这与中欧植物区系研究结果相类似^[4]。东北样带上,年降水量最高的地区是样带最东端的森林草原区,其中阔叶林区群落优势种是红松、冷杉、水曲柳、紫椴,落叶阔叶林区优势种是蒙古栎、核桃楸、糠椴、青楷槭,而乔木中的克隆植物较少,克隆植物主要分布在林下草本层,所以群落中非克隆植物占优势。相反,东北样带上的典型草原和荒漠草原海拔高、降水少,群落以草本植物为主,因此克隆植物占优势。Prach & Pysek 研究克隆植物在群落演替中的作用时,也发现相似的情况,演替初期,群落中 1、2 年生草本植物较多,克隆植物较少;演替中期,群落中以多年生草本为主,克隆植物处于优势地位;演替后期,高大乔木取代了草本的优势地位,克隆植物的作用明显减弱^[3]。

参考文献

- [1] 董 鸣. 克隆植物及其过渡带环境治理的资源价值. 见:中国科学技术协会编,资源环境技术与可持续发展技术. 北京:中国科技出版社,1998. 289.
- [2] 董 鸣. 资源异质性环境中的植物克隆生长:觅食行为. 植物学报,1996,38(10):828~835.
- [3] Prach K and Pysek P. Clonal plants-What is their role in succession? *Folia Geobot. Phytotax.*, Praha, 1994, 29: 307~320.
- [4] Leoš Kimeš, Jitka Klimešová, Rob Hendriks *et al.* Clonal plant architecture: a comparative analysis of form and function. In: H. de Kroon and Jan Van Groenendael eds. *The ecology and evolution of clonal plants*. Leiden: Backbuys Published, The Netherlands, 1997. 1~29.
- [5] 张新时,周广胜,高 琼. 全球变化中研究的中国东北森林-草原陆地样带(NECT). 地学前缘,1997,4:145~152.
- [6] 倪 健,李宜垠,张新时. 从生态地理特征论中国东北样带(NECT)全球变化研究中的科学意义. 生态学报,1999,19(5):622~629.
- [7] 朱兆良,文启孝. 中国土壤氮素. 南京:江苏科学技术出版社,1990. 4~59.
- [8] 中国科学院植物研究所编. 中国高等植物图鉴. 北京:科学出版社,1994.
- [9] 傅沛云,等. 东北植物检索表. 北京:科学出版社,1995. (2).
- [10] 马毓泉,等. 内蒙古植物志. 内蒙古呼和浩特:内蒙古人民出版社,1990. (2).
- [11] 董 鸣,等. 陆地生物群落调查观测与分析. 北京:中国标准出版社,1997. 15~17.
- [12] 姜 恕,等. 草地生态研究方法. 北京:农业出版社,1988. (1):32~38.
- [13] Cronquist Arthur. An integrated system of classification of flowering plants. Columbia University Press, 1981.
- [14] Chase M. W 41 coauthors. Phylogenetics of seed plants: an analysis of nucleotide sequences from the plastid gene *rbcl*. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 1993,80:528~580.
- [15] Grace J B. The adaptive significance of clonal reproduction in angiosperms, an aquatic perspective. *Aquatic Botany*, 1993, 44: 159~180.
- [16] Mogie M and Hutchings M J. Phylogeny, ontogeny and clonal growth in vascular plants. In: Van Groenendael J. M. and de Kroon H. eds. *Clonal growth in plants: regulation and function*. The Hague: SPB academic Publishing, 1990. 3~22.
- [17] Lukaszewicz A. Morphological-developmental types of herbs. *Prace Komisji Biologicznej*. 1962,27(1): 1~398.
- [18] Leakey R R B. Adaptive biology of vegetative regenerating weeds. *Advances in Applied Biology*, 1981, 6:57~90.
- [19] Jiang Gaoming, Tang Haiping, Yu Mei, Dong Ming, Zhang Xingshi. Response of photosynthesis of different plant functional types to environmental changes along Northeast China Transect. *Trees*, 1999, (14):72~82.