

708: # % 6 # # 9 % 9 : ; 6 # % % # # 9 " & & 6 \$ % # & % # % =

不同光环境下天台鹅耳枥叶形变化的测定与分析^G

陈模舜 金则新 柯世省

(浙江省植物进化生态学与保护重点实验室 台州学院生命科学学院 台州 F # & % % %)

摘 要: " 目的# 天台鹅耳枥属于极少种群植物 环境适应能力较弱 仅分布于浙江省天台县和磐安县! 叶片是

收稿日期: \$ % # 9 > % # > % F; 修回日期: \$ % # 9 > % " > # & !

基金项目: 国家自然科学基金项目(! # \$ 9 J # \$ #); 浙江省植物进化生态学与保护重点实验室项目(# " % F f ' % !) 。

8MM47845KU V) 457]N11 8MM47845KU ?)) _40 0[N78U76)5 I 87<V4MKH , 78]]UMU5[0H4785S [MU4[I U5[0 _UMU K4MM8U7 ON[05 ! " ,-\$+,&-\$+% ZU]OMU 1U4] UW^450805 , 457 I 4[NMU 1U4\U0 _UMU K011UK[U7 85 14[U 3N1'6 , 0 85\U0[8S4[U [HU 78]]UMU5KU0 0] 1U4] 0H4^U 41 05S F SMON^0 0] 8MM47845KU SM478U5[0 , SU0I U[MBK I OM^H0I U[MBKO _40 NOU7 , _H81U [HU #9 14571 4MF ^085[0 0] 1U4] ^MO]81U _UMU 78S8[418bU7 [0 ZU 0[4574M7 8I 4SU0 05 [HU Z4080 0] , ^078S \$ ^MOSM41 6 , HU (00M7SU5 00)[_4MU 85)Va OUMBU0 00][_4MU _40 NOU7 [0 K41KN14[U [HU 0[4574M7 K05[ONM KOOM7854[U0 74[4 0] U4KH SM478U5[^0^N14[805 , 457 [HU [H85 ^14[U 0^185U SM4^H _40 NOU7 [0 8578K4[U [HU MU14[8\U I OM^H010S8K41 KH45SU06 , HU 4^^18K4[805 0] a-' , F2#" 0HO_U7 78]]UMU5KU0 85 1U4] 0H4^U 457 \U856 , HU U]]UK[0] U5\8MO5I U5[41]4K[OM0 05 1U4] I OM^H010S' _40 4541'bU7 Z' 'a' '##2! 00][_4MU6" CUON1[# , HU SU0I U[MBK I OM^H0I U[MBKO 4541'080 0] ! " , -\$+,&-\$+% 1U4] 8578K4[U7 [H4[[HU 1U4] _40 0\41 , 457 [HU Z40U _40 018SH[1' HU4M[< 0H4^U7 _8[H 4 SM47N41 ^085[' 8^6)5 78]]UMU5[18SH[K0578[8050 , [HU 1U4] 0H4^U0 _UMU 08I 814M , ZN[[HU 4110I U[M' 0] 1U4] 0H4^U _40 I OMU OZ\8ON06 aMB5K8^41 K0I ^05U5[4541'080 457 I N1[8\4MB4[U 4541'080 0] \4MB45KU 0HO_U7 [HMMU 08S58]8K45[1U4] 0H4^U \4MB4Z1U0 , 457 [HU ^MB5K8^41 K0I ^05U5[0] [HU [0[41 \4MB45KU _40 992"&R 6 (OMMU14[805 4541'080 0HO_U7 [H4[[HU I OM^H010S8K41 78]]UMU5KU 0] ! " , -\$+,&-\$+% 1U4] _40 08S58]8K45[1' KOMMU14[U7 _8[H ^HO[00'5[HU[8K 4K[8\U M4784[805 (a-C) , ONM]4KU [UI ^UM4[NMU (1_0) , 4[I 00^HUMBK [UI ^UM4[NMU (1_4) 457 MU14[8\U HNI 878[' (CT) (D I %2%!) 6 DHU5 [HU 1U4] 0H4^U KH45SU0 H47 08S58]8K45[^008[8\U KOMMU14[8050 _8[H a-C , 1_0 457 1_4 , 457 08S58]8K45[5US4[8\U KOMMU14[805 _8[H CT , [HU 1U4\U0 4^^U4MU7 [0 UW^457 OM OHM85f 85 [HU I 8771U , 457 [HU \4MB4[805]OKNOU0 05 [HU 41[UM54[85S UW^450805 0] [HU 1U4] Z147U 457 1U4] 4^UW6 eMO_85S 85 _U4f 18SH[U5\8MO5I U5[, [HU I 8771U 0] [HU 1U4] _40 UW^457U7 457 [HU 1U4] 4^UW _40 K0I ^MU00U76)5 0[MO5S 18SH[U5\8MO5I U5[, [HUMU _40 UW[MNO805 0] [HU I 8771U 0] [HU 1U4\U0 457 U514MSU1 U5[0] [HU 1U4] 4^UW6 DHU5 [HU 1U4] 0H4^U KH45SU H47 08S58]8K45[5US4[8\U KOMMU14[8050 _8[H a-C , 1_0 457 1_4 , 457 08S58]8K45[^008[8\U KOMMU14[805 _8[H CT , [HU ^U[801U 1U5S[H 457 1U4] 4^UW 0[MU[KH M4[80 _UMU 85\01\U7 85 [HU 1U4] 0H4^U KH45SU06)5 0[MO5S 18SH[457 _U4f 18SH[U5\8MO5I U5[0 , [HU ^U[801U _40 U105S4[U7 457 [HU 1U4] 4^UW K05[M4K[U76 , HU ^U[801U K05[M4K[U7 457 [HU 1U4] 4^UW U514MSU7 85 [HU I 07UM4[U 8MM47845KU6 Y51' _HU5 [HU 1U4] 0H4^U KH45SU0 H47 08S58]8K45[^008[8\U KOMMU14[8050 _8[H a-C , 1_0 457 1_4 , 8[85\01\U7 _8[H [HU 1U4] UW^450805 M4[U6 c57UM [HU I 07UM4[U 8MM47845KU , [HU ^U[801U OHM45f , [HU 10_UM H41] 0] [HU Z147U _40 UW[MN7U7 , 457 [HU 1U4] 4^UW _40 7814[U76 A' N085S ^MB5K8^41 K0I ^05U5[74[4 [0 I 4FU [HU MU14[8\U 780[OM[805 0] 1U4] 0H4^U , 8[0HO_U7 N57UM [HU 85]1NU5KU 0] 18SH[U5\8MO5I U5[[HU ^U[801U 457 1U4] 4^UW 4^^U4MU7 [_80[U7 N^ 457 70_56" (05K1N0805# (57)-330(1)Tj 5. 33 -3(U)3(7)2(U)3(75)-373(0)-3(8)-3(S)3(HI)-367(U)3(5\3(8)-3(M)2(0)3(5I)11(U)3(5D)-360

种群形态变异趋势,是由于气候和岩性的因素(/80K008 \$, &3", \$%J) 等! 目前国内有关植物叶的几何学形态测定方面仅慈姑属(=&8-,&'-&) 植物叶型的多样性(TN45S \$, &3", \$%#") 等少量文章发表! 叶片的形态建成是多种环境因子综合作用的结果, 而环境因子影响树木叶片变异的主导因子尚不明确! 由于个体群落和树种间叶形的表型高度变化, 加之对许多树种叶片间的异速生长关系缺乏了解, 使得评价树木叶片的动态特征具有重要意义(彭耀强等, \$%##) 。

濒危和灭绝的生物在进化过程中存在某种脆弱环节,如某些物种生物生态学特性的特化而依赖于单一或特殊的环境生境! 天台鹅耳枥主要分布于天台县华顶山,生长于溪谷两侧和山区林中,分布在海拔 &=% kJ\$% l 处,年降水量 # 9%% l l ,平均相对湿度 &! R 以上,年平均气温 #F j ,无霜期 \$F% 天,

野 谘魁i蚰淪駒; 桃h炯俎恼路 !天汰>淳叶 菹耀 \\\

叶脉和第 # \$ 先端叶脉与一级叶脉交叉处,以及叶柄和一级叶脉的最顶端! 二级叶脉有 # 个环结脉的模式(*1180 \$, &3", \$%J) ,在叶缘通过顶端分叉形成了 # 个环状的缘下脉络,9 \$! \$# \$F \$#! \$#= 轮廓地标点被确定为叶齿,是二级叶脉远端分叉点边缘的延伸,叶齿是叶缘的突起和与之关联的维管结构, &\$%\$ \$ \$ " 轮廓地标点为近相邻两侧叶齿处叶缘凹缺,设置凹缺点增加叶缘鉴别特征!

#2 \$2 " 数字的标准化处理 将 F 种光照梯度下天台鹅耳枥叶片扫描的图像输入到, ^078S \$ 程序中,用于地标点的数字化 制作出每一片叶的 #9 个 ;\$ 的 F" 个坐标图! 使用普氏分析法将标志点轮廓叠加 获得每个梯度种群的平均轮廓! 用)Va 系列软件中的 (00M7SU5 软件计算每个梯度种群的标准轮廓坐标数据 然后使用薄片样条曲线图解析标志点差异,以可视化图例的方式展示各梯度种群在脉型和叶脉形状方面的差异!

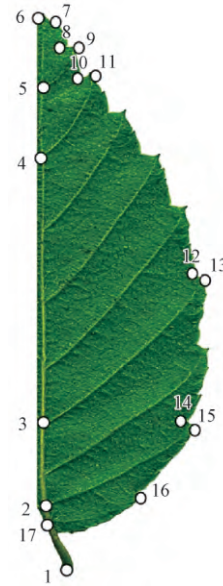


图 # 每个叶的轮廓地标点记录
?8S6 # . 4571 4Mf K05J8SNM4[805 MUKOM7U7 05 U4KH 1U4]

表 E 天台鹅耳枥叶的地标点描述

(, @H E 7#&\$+.)% ' 0 ' " ;, 063, +R& .0 ;#, 8#& ' " *Carpinus tientaiensis*

地标	描述
. 4571 4Mf	XUOKIB^ [805
#	叶柄的开始点 AUS85585S 0] [HU ^U[801U
\$	从叶柄开始,中脉与第 \$ 基底叶脉的交点(指向地标 #!))5[UNOUK[805 0] [HU I 87MBZ _8[H [HU \U85 0] [HU OUK057 Z4041 10ZU , 0[4M[85S]M0I [HU ^U[801U (MU]UMMU7 [0 14571 4Mf #!)
F	中脉与叶片最大宽度的叶脉的交点(指向地标 #F))5[UNOUK[805 0] [HU I 87MBZ _8[H [HU \U85 0] [HU 10ZU 4[14MSU0[_87[H 0] 1U4] Z147U (MU]UMMU7 [0 14571 4Mf #F)
..	中脉与叶片上方的第 \$ 先端叶脉的交点(指向地标 ##))5[UNOUK[805 0] [HU I 87MBZ _8[H [HU \U85 0] [HU OUK057 10ZU 8I I U784[U1' 4Z0\U [HU 4^UW 0] [HU 1U4] Z147U (MU]UMMU7 [0 14571 4Mf ##)
!	中脉与叶片上方的第 # 先端叶脉的交点(指向地标 J))5[UNOUK[805 0] [HU I 87MBZ _8[H [HU \U85 0] [HU]8M0[10ZU 8I I U784[U1' 4Z0\U [HU 4^UW 0] [HU 1U4] Z147U (MU]UMMU7 [0 14571 4Mf J)
=	叶片的顶端 -^UW 0] [HU 1U4] Z147U
9	叶片的顶端的首个叶缘小凸起 ,8^ 0] [HU 10ZU 8I I U784[U1' 4Z0\U [HU 4^UW 0] [HU 1U4] Z147U
&	叶缘凹缺 近第 # 先端叶脉 .U4] I 4MS85 0] [HU 085N0 8I I U784[U1' 4Z0\U [HU]8M0[[8^ 0] [HU 1U4] \U85
J	叶片上方的第 # 先端叶脉叶缘凸起 ,8^ 0] [HU 10ZU 8I I U784[U1' 4Z0\U [HU \U85 0] [HU]8M0[10ZU
#%	叶缘凹缺 近第 \$ 先端叶脉 .U4] I 4MS85 0] [HU 085N0 8I I U784[U1' 4Z0\U [HU OUK057 [8^ 0] [HU 1U4] \U85
##	叶片上方的第 \$ 先端叶脉叶缘凸起 ,8^ 0] [HU 10ZU 8I I U784[U1' 4Z0\U [HU \U85 0] [HU OUK057 10ZU
#\$	叶缘凹缺 近叶片最大宽度的叶脉 .U4] I 4MS85 0] [HU 085N0 8I I U784[U1' 4Z0\U [HU \U85 0] [HU]8M0[10ZU 4[14MSU0[_87[H 0] 1U4] Z147U
#F	叶片最大宽度的叶脉叶缘凸起 ,8^ 0] [HU 10ZU 4[14MSU0[_87[H 0] 1U4] Z147U
#"	叶缘凹缺 近第 \$ 基底叶脉 .U4] I 4MS85 0] [HU 085N0 8I I U784[U1' 4Z0\U [HU \U85 0] [HU OUK057 Z4041 10ZU
#!	第 \$ 基底叶脉叶缘凸起 ,8^ 0] [HU OUK057 Z4041 10ZU , 0[4M[85S]M0I [HU ^U[801U
#=	第 # 基底叶脉叶缘凸起 ,8^ 0] [HU]8M0[Z4041 10ZU , 0[4M[85S]M0I [HU ^U[801U
#9	叶片在叶柄的着生点 3N5K[805 0] [HU Z147U 457 ^U[801U

#2 \$2 ! 统计分析 运用 a' -, F2 # " 软件对天台鹅耳枥叶片的脉型和叶形做相对形态变异分析,显示不同光环境下叶形和叶脉变异规律! 叶片用 #9 个地标点分别解释叶的形态变异,将由所有地标点构成的全部形态变异转换为较少数量 \$彼此不相关的主成分变异指标(a() ,由前几个主成分代表主要的形态变异信息! 应用 a-' , 软件可得到叶的形状主要扭曲及相对扭曲等特征值,通过各个光照梯度叶

的形状相对扭曲的前 \$ 个特征值,判断形状空间内的变异程度(COH1] \$, &3", #JJ%) 。结合 a-' , 软件获得叶形平均值主成分指标(a() ,由 VOM^HO 3 软件得到 a(数据集! 通过 'a' ' ##2 ! 软件对叶的形态结构参数和环境因子数据进行方差分析(-+Y/-) ,差异显著性(D I % 2%!) 运用 XN5K45' 0 检验进行多重比较! 环境因子对叶结构性状的影响采用相关分析,建立叶片形状变化与环境因素的关系!

结果与分析

不同光环境下生态因子对天台鹅耳枥叶生长的影响

不同光环境下光合有效辐射(a-C)、大气温度(1₄)、地表温度(1₀)和相对湿度(CT)不同(表C),F种光环境下的a-C差异最显著,其次为1₄和

CT(全光照)与V(中等光强)、(低光强)的日平均1₄的差异相对较小,仅比?平均降低2% ;与V相比,?的1₀日平均值比V高2% ,比?高2% ,差异显著;?的CT日平均值相当于V的90%的R,差异显著!V与?)的1₄和CT相比较差异不显著!

表C 每个采样点环境变量记录(表C) (表C)

光环境	环境因子			
	光合有效辐射 a-C	大气温度 1 ₄	地表温度 1 ₀	相对湿度 CT(R)
全光照	1.4	29.4	29.4	92.4
中等光强	1.2	29.2	29.2	92.2
低光强	1.2	29.2	29.2	92.2

! 数据后面不同字母表示差异显著(DI%)。每个处理1次重复! X8]UMU5[1U[[UMD 85 K01N1 50 8578K4[U 08S58]8K45[78]]UMU5KUO (DI%)! , XN5K45' 0 [U0] 6 ?8\U MU^18K4[UO 80]OM U4KH [MU4[I U5]6 a-C: aHO[00'5[HU]8K 4K[8\U M4784[805; 1₄: -[I 00^HUMBK [U1 ^UM4[NMU; 1₀: 'NM]4KU [U1 ^UM4[NMU; CT: CU14[8\U HNI 878]'6

由表F可知,不同光环境下天台鹅耳枥叶形发生了明显变化!天台鹅耳枥叶的长度和宽度在?)与V)之间存在着显著性差异,在?)下叶的长度和宽度明显大于V)和?)!从叶片叶脉数量来看,

下叶的二级叶脉数与V)的差异不显著,但与?)存在显著差异!天台鹅耳枥叶柄的长度在?)和?)之间存在着显著性差异,在?)和?)下叶柄长度明显大于V)!

表F 不同光环境下的叶形态结构参数及方差分析

(, @HF = '+)' * . \$, ; & # 4 \$ % 4 + # , + , 3 # # + & , 0 6 8 , + , 0 \$ # , 0 , ; 1 & . ' " ; # , 8 # & . 0 6 . " " # + # 0 % ; * - % # 0 8 . + ' 0 3 # 0 %

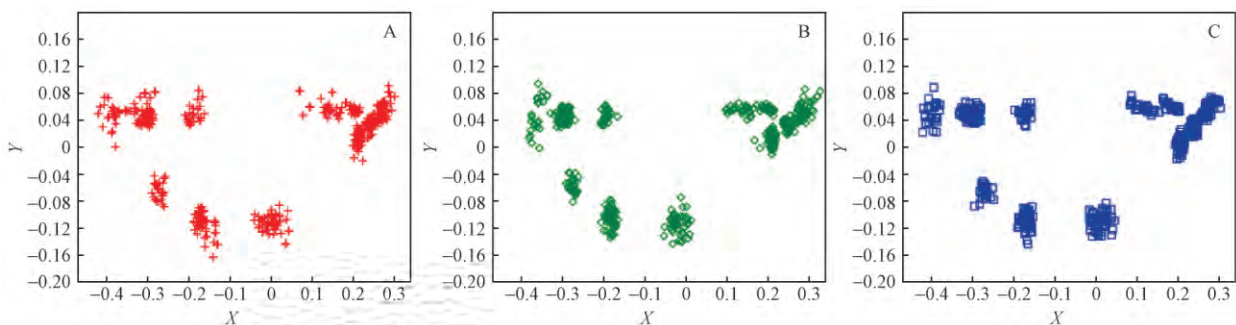
光环境	叶形态结构参数			
	叶长度	叶宽度	二级叶脉数	叶柄长度
?)	1.2	2.1	2.2	2.2
V)	1.2	2.1	2.2	2.2
.)	1.2	2.1	2.2	2.2

! 数据后面不同字母表示差异显著(DI%)。每个处理F%次重复! X8]UMU5[1U[[UMD 85 K01N1 50 8578K4[U 08S58]8K45[78]]UMU5KUO (DI%)! , XN5K45' 0 [U0] 6 , H8M] MU^18K4[UO 80]OM U4KH [MU4[I U5]6

天台鹅耳枥叶形的普氏叠加分析

通过(OOM7SU5软件中普氏叠加法(aMOKMNO[UO

ON^UMB1 ^008[805)重叠地标点分析,表明不同环境因子对叶形状的影响(图\$)。普氏叠加法通过地标点



图\$ 低光强.)(-)、中等光强V)(A)和全光照?)((C)下天台鹅耳枥叶片地标点普氏叠加分析

?8S6\$ -541'080]OM aMOKMNO[UO ON^UMB1 ^008[805 0] 14571 4MF 0] ! & ' 2 + . % , - \$ + , & \$ + % 1U4\UO 85 10_ 8MM47845KU (-) ,

I 07UM4[U 8MM47845KU (A) 457]N11 8MM47845KU (C)

图中F, _为地标点坐标经普氏叠加分析所得的坐标数据! , HU F, _ 4MU K00M7854[U 74[4]MD1 [HU aMOKMNO[UO ON^UMB1 ^008[805 4541'bu7 14571 4MF 74[46

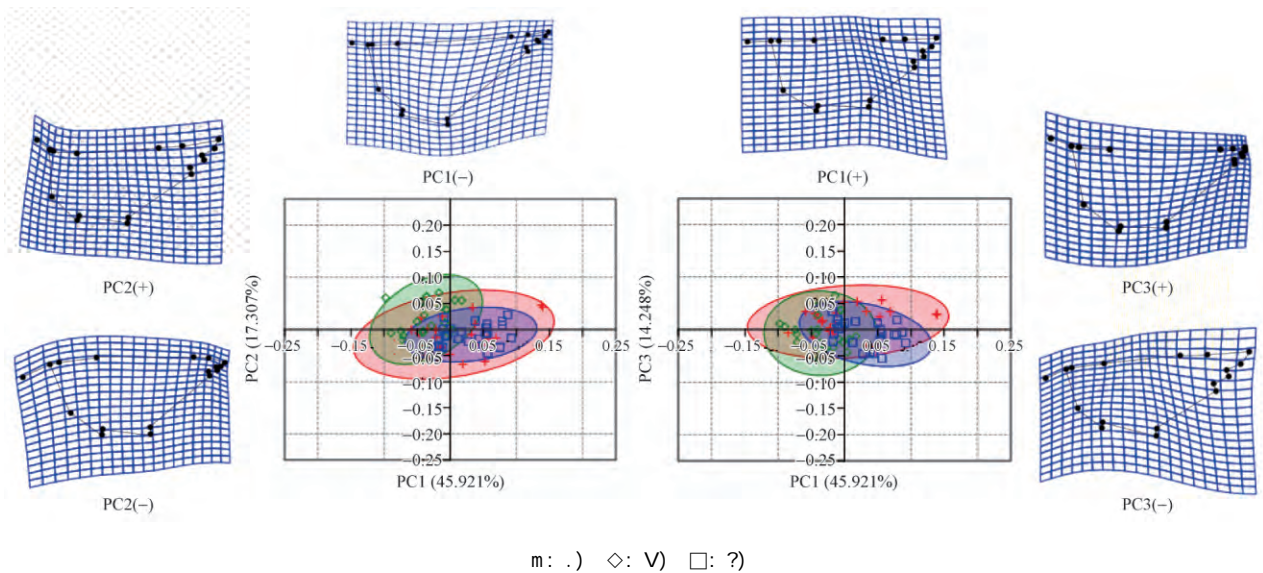


图 F 不同光环境下 a(# 轴)和 a(F 轴)上天鹅耳枥叶形扭曲分析

主成分 a(c) 图采用 aMOKMNO[UO-418S5U7] 地标点坐标矩阵, 椭圆为 J! R 置信区间! 薄片样条分析图显示叶的形状在 a(# 轴)和 a(F 轴的正负方向极端扭曲状态!

a10[0] ^M85K8^41 K01 ^05U5[0 (a(c) , N085S 4 | 4[M8W 0] aMOKMNO[UO-418S5U7 14571 4MF K00M7854[U0 ,0HO_85S J! R K05]87U5KU U118^0U06 , H85<^14[U 0^185U 4541' 080 0HO_0 [HU 1U4] 0H4^U UW[MU1 U1' 780[OM[U7 85 [HU ^008]8^U 457 5US4[8^U 78MJK[8050 0] [HU a(# , a(\$ 457 a(F 4WU06

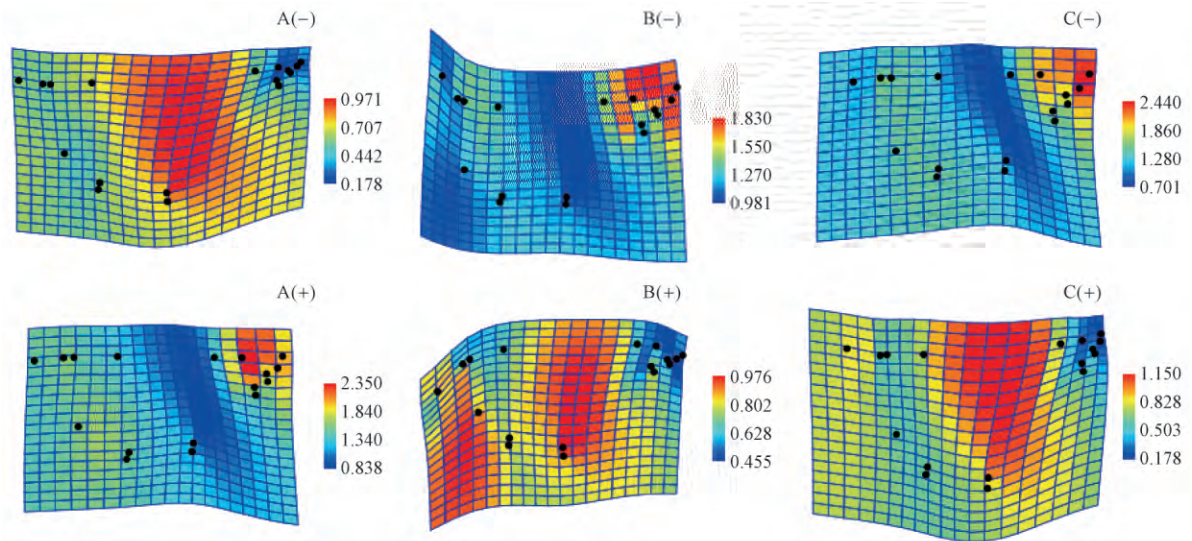


图 G a(# 轴上 .) (-) 、V) (A) 和 ?) (C) 天鹅耳枥叶形的典型变量分析

上图显示了 a(# 低分值的叶形, 下图是高分值的叶形! 颜色代码 34K0Z845 膨胀系数用来衡量网格的局部扩张或收缩, 蓝色系数小于 # 表明压缩, 黄色至橙红色系数大于 # 表明膨胀! 由 a-', F2#" 计算所得!

, HU]8SNMU0 4ZO\U 0HO_ [HU 1U4] 0H4^U KOMMU^05785S [0 10_ OKOMU \41NU0 0] [HU a(# , 457 [HU]8SNMU0 ZU10_ [0 H8SH OKOMU \41NU06 , HU K010NM K07U7 34K0Z845 UW^450805]4K[OMD 4MU NOU7 [0 | U40NMU [HU 7USMUU 0] 10K41 UW^450805 OM K05[M4K[805 0] [HU SM87 , 'U110_ [0 OM45SU MU7]OM]4K[OMD Q# , 8578K4[85S UW^4508050; 18SH[[0 74MF ZINU]OM]4K[OMD | # , 8578K4[85S K05[M4K[80506 (01 ^N[U7 85 a-', F2 #'^6

第 # 叶脉(地标点 #9\$#=) 到叶片中部(地标点 F\$ #F) 形状改变轻微, 叶片上半部第 \$ 先端叶脉(地标点 " \$##) 到叶片中部收缩, 而叶尖膨大; V) 和 ?) 条件下叶柄收缩, 叶基和叶片下半部挤压, 叶尖膨大! 高分值上, 在 .) 条件下叶柄膨大, 叶片上半部膨大,

而叶尖收缩; 在 V) 和 ?) 条件下叶柄膨大, 叶基和叶片下半部膨大, 叶尖收缩!

CD L 不同光环境下天台鹅耳枥叶形的 : 2 轴相关性分析

天台鹅耳枥叶形和环境条件之间有显著的相关

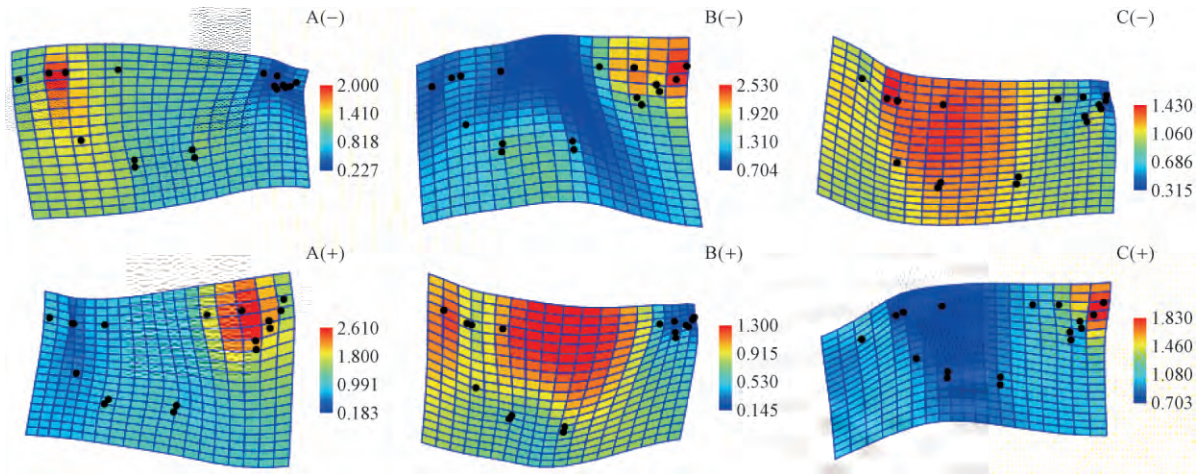


图 1 a(\$ 轴上 .)(-)、V(A) 和 ?(C) 天台鹅耳枥叶形的典型变量分析

上图显示了 a(\$ 低分值的叶形, 下图是高分值的叶形! , HU]8SNMUJ 4Z0\U OHO_ [HU 1U4] OH4^U KOMMUO^05785S [O 10_ OKOMU \41NUO 0] [HU a(\$, 457 [HU]8SNMUJ ZU10_ [O H8SH OKOMU \41NUO6

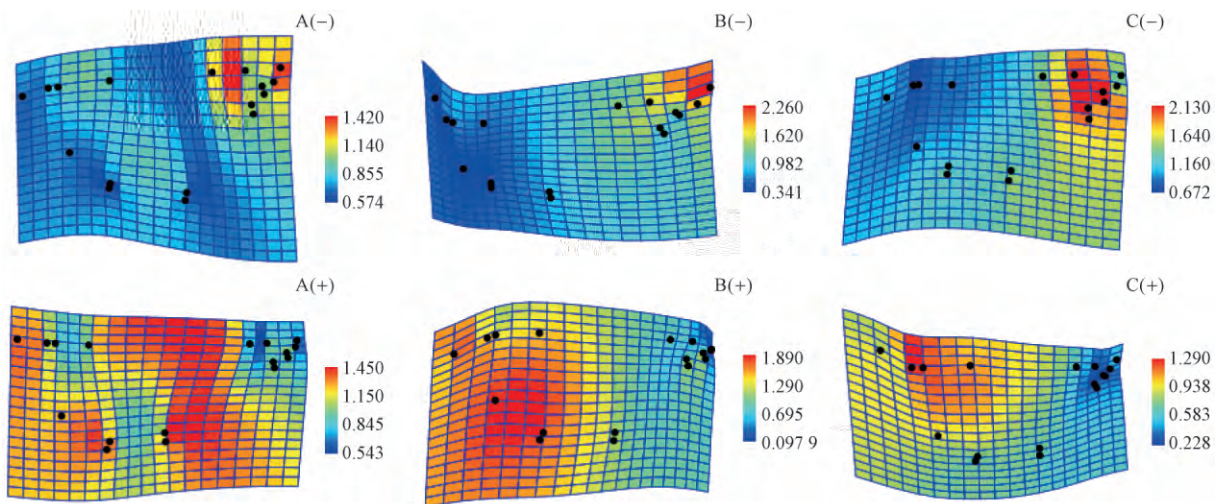


图 2 a(F 轴上 .)(-)、V(A) 和 ?(C) 天台鹅耳枥叶形的典型变量分析

上图显示了 a(F 低分值的叶形, 下图是高分值的叶形! , HU]8SNMUJ 4Z0\U OHO_ [HU 1U4] OH4^U KOMMUO^05785S [O 10_ OKOMU \41NUO 0] [HU a(F , 457 [HU]8SNMUJ ZU10_ [O H8SH OKOMU \41NUO6

性(表!)。a(# 主要受 a-C\$1_0 \$1_4 和 CT 的影响 相关系数分别为 %2 J#\$(D z %2 %%%) 、%2 J!&(D z %2 %%%) 、 %2 J9\$(D z %2 %%%) 和 >%2 &F#(D z %2 %%%) , 具有极显著相关性; 叶形变化主要发生在叶片最大宽度和叶尖位置(图")。a(\$ 与 a-C\$1_0 \$1_4 和 CT 具有极显著相关性, 相关系数分别为 >%2 J%"(D z %2 %%%) 、 >%2 &J&(D z %2 %%%) 、 >%2 J%9(D z %2 %%%) 和 %2 9&\$ (D z %2 %%%); 叶形变化主要发生在叶柄和叶尖位置(图!)。a(F 与 1_0 和 1_4 的相关系数分别为 %2 &%(D z %2 %%%) 和 %2 9!"(D z %2 %%%) , 具有极显著相关性, 与 a-C 相关系数为 %2 =&%(D z %2 %%%) , 有显著相关性, 与 CT 相关系数为 >%2 "=J(D z %2 %%%) 相关性不显著; 叶形变化涉及叶片的伸缩率, 主要反映在叶片上半部\$下半部扩张或收缩(图=)。

F 讨论

生态环境因素是导致物种稀有和濒危的重要原因! 天台鹅耳枥在自然状态下对光的要求较为独特 种群呈单株散生间断分布, 依赖于特殊的生境 (胡绍庆等, \$%%\$)。在不同环境因素的压力下即使是同一类型, 叶片也可能出现不同的模式, 形成各种适应类型(E84 \$, &3", \$%%\$)。通过叶的几何学形态测定分析, 表明不同光环境下天台鹅耳枥叶形存在异速生长! 这种异速生长表现在叶形的扩张或收缩上, 生长于弱光环境中, 叶片出现最大宽度, 叶尖收缩尖锐, 有长的叶柄; 在中等光强下, 叶形较为饱满, 叶柄较短; 在强光环境下, 叶片顶点钝尖, 叶椭圆形收缩!

表 L 天台鹅耳枥叶的 : 2 轴与环境因子的相关性^①

	a(#)	a(\$)	a(F)	a-C	1 ₀	1 ₄	CT
a(#)	#	> %2 &%= **	%2 = \$ " G	%2 J # \$ **	%2 J ! & **	%2 J 9 \$ **	> %2 & F # **
a(\$)		#	> %2 & " # **	> %2 J # " **	> %2 & J & **	> %2 J 9 **	%2 9 & \$ **
a(F)			#	%2 = & % G	%2 & % = **	%2 9 ! " **	> %2 " = J
a-C				#	%2 J # F **	%2 J ! J **	> %2 J ! & **
1 ₀					#	%2 J & & **	> %2 9 & F **
1 ₄						#	> %2 & = \$ **
CT							#

! ** : 表示指标在 %2 % 水平极显著相关; G : 表示指标在 %2 % 水平显著相关! ** : (OMUJ14[805 80 UW[MUJ1 U1' 08S58]8K45[4[[HU %2 % # 1U\U1; G : (OMUJ14[805 80 08S58]8K45[4[[HU %2 % ! 1U\U16

叶的几何学形态测定目前应用于叶的形状与营养变量\$环境变量及叶形状变量之间的研究 (+4\4MMO \$, &3", \$%%"; -741 0 \$, &3", \$%%)。在检验非正常值之后,计算每株植物叶形平均值,数据适合于分析个体内部变异的影响(E84 \$, &3", \$%%)。本研究相关性分析表明天台鹅耳枥叶形变异趋势与环境因素之间显著相关,在空旷地与林窗\$林下的相近光强下叶的形态差异,归于有效光合辐射(a-C)、地表温度(1₀)、大气温度(1₄)和相对湿度(CT)的影响!当叶形变化与a-C\$1₀和1₄显著正相关\$与CT显著负相关时,叶形变化在叶片中部和叶尖方面,叶片出现中部的扩张或收缩,变异聚焦于叶基和叶尖交替的伸缩率;生长于弱光环境下,天台鹅耳枥叶片中部出现扩展\$叶尖压缩;在强光和中等光强环境下,叶片中部挤压\$叶尖膨大!当叶形变化与a-C\$1₀和1₄呈显著负相关\$与CT显著正相关时,叶形变化涉及叶柄长度和叶尖伸缩率;在强光和弱光环境下,天台鹅耳枥叶柄伸长\$叶尖收缩;在中等光强下,叶柄收缩\$叶尖膨大!当叶形仅与a-C\$1₀和1₄显著正相关时,叶的性状对温度的响应明显强于对降水的响应,在中等光强环境下,涉及叶片的伸缩率,叶柄收缩,叶基和叶片上半部收缩,叶尖膨大!不同光环境影响叶片形状大小和厚度改变,可增强叶片细胞对光的捕获能力(李芳兰等, \$%%!)。叶形的相对扭曲图表明受光环境的影响,天台鹅耳枥叶柄和叶尖出现上\$下扭曲!由于植物的趋光性,叶柄通过本身的长短和扭曲处于光合作用的最佳位置!

植物采用增加叶厚度及较小的叶面积和较高的叶组织密度适应强光环境!长期生长于弱光环境中的植物叶面积大\$叶片较薄,比叶质量较低,叶柄较长(薛立等, \$%%)。天台鹅耳枥随光照增强,叶肉组织细胞数量增加,叶片厚度增加,其最大净光合速率(D_{5,4W})亦增大;在弱光下叶肉组织细胞排列疏松,叶片变薄,比叶质量小;在F种光环境下,天台鹅耳枥全光照(?)下叶片的光饱和和光合速率最大

但其叶绿素含量并不是最高,最大光合速率取决于阳生叶具有阳性叶绿体,能进行更高效的光能转化;在光照较强的林窗环境中,天台鹅耳枥叶的主脉维管束较发达,较短的叶柄能有效地传导水分和养料(陈模舜等, \$%%; \$%%F)。

天台鹅耳枥叶类型在萌芽阶段取决于叶原基,叶形态可塑性是对环境条件的响应!几何学形态测定方法在研究叶形特征上强调地标点的同源性,同源结构一般具有相同的遗传基础!在经历环境胁迫时,同源结构的变异能够被有效测定并进行量化分析(n185SU5ZUMS, \$%%&; n185SU5ZUMS \$, &3", \$%%)。存在于种群间的基因与叶形态特征的关系是复杂的,需要对表型特征和遗传特征做进一步研究!今后通过与分子系统发育分析相结合,将有助于进一步改进天台鹅耳枥的形态学推论和对种群地理格局的了解!

" 结 论

本研究所获得的描述性和定量结果表明,在天台鹅耳枥的叶形变化中,几何学形态测定方法能较好地区分种内差异!不同光环境下,随着光照增强,天台鹅耳枥通过改变叶的结构增加光合能力!生长于弱光环境下,天台鹅耳枥叶片较宽,中部出现扩展\$叶尖压缩,叶柄较长,基部心形,二级叶脉数量也相应增加;在强光环境中,叶片中部挤压\$叶尖膨大,叶椭圆形较为收缩!不同光环境下天台鹅耳枥叶形变化相关分析显示,与中等光强的林窗环境相适应,天台鹅耳枥叶基和叶片下半部收缩\$叶尖膨大,叶片椭圆形较为饱满,较短的叶柄能更有效地传导水分和养料!在自然状态下依赖于特殊生境进行天台鹅耳枥生物多样性的迁地保护中,选择光照较强的林窗环境,注重其输水器官的保护,可有效地恢复和扩大天台鹅耳枥种群!

参 考 文 献

陈模舜,柯世省⁶ \$%%F6 天台鹅耳枥叶片的解剖结构和光合特性对

光照的适应⁶ 林业科学, "J (\$): "= >!F6
 (HU5 V ' , nU ' '6 \$%#F6 -KK181 4[805 0] 454[01 8K41 0]MVK[NMU 457
 ^HO[00'5[HU080 KH4M4K[UM80]8K0 85 1U4U0 0] !&'2+.% ,-\$,&-\$+-% [0
 8MM47845KU6 ' K8U5[84 ' 81\4U ' 858K4U, "J (\$): "= >!F6 [85
 (H85U0U)]
 陈模舜,柯世省,杨勇宇,等⁶ \$%#%6 珍稀濒危植物天台鹅耳枥营养
 器官的解剖学研究⁶ 浙江林业科技, F% (!): # " >#J6
 (HU5 V ' , nU ' ' , @45S @ @ , \$, &3" \$%#%6 -54[01 8K41 0]N7' 05
 \USU[4[8U OMS450 0] !&'2+.% ,-\$,&-\$+-%" 30NM541 0] BHU;845S
 ?OMJ0[M ' K8U5KU 457, UKH5010S', F% (!): # " >#J6 [85 (H85U0U)]
 陈之端⁶ #JJ"6 桦木科植物的系统发育和地理分布⁶ 植物分类学报,
 F\$ (#): # >F#6
 (HU5 B X6 #JJ"6 aH'10SU5' 457 ^H'[OSUOSM^H' 0] [HU AU[N14KU4U6
 -K[4 aH'[0]4W0501 8K4 ' 858K4, F\$ (#): # >F#6 [85 (H85U0U)]
 胡绍庆,丁炳扬,陈征海⁶ \$%\$6 浙江省珍稀濒危植物物种多样性
 保护的关键区域⁶ 生物多样性, #% (#): #! >\$F6
 (TN ' g, X85S A @, (HU5 B T6 \$%\$6 , HU KMB[8K41 MJS8050]OM
 K050UM\4[805 0] IMMU 457 U5745SUMJ7 ^145[0^UK8U0 78\UM08' 85
 BHU;845S aMO\85KU6 A8078\UM08[' K8U5KU, #% (#): #! >\$F6 [85
 (H85U0U)]
 李芳兰,包维楷⁶ \$%!6 植物叶片形态解剖结构对环境变化的响应
 与适应⁶ 植物学通报, \$\$ (增刊): ##& >#96
 (.8 ? . , A40 D n6 \$%!6 CU0^050U0 0] [HU I OM^H010S8K41 457
 454[01 8K41 0]MVK[NMU 0] [HU ^145[1U4] [0 U5\8M051 U5[41 KH45SU6
 (H85U0U AN11U[85 0] AO[45' , \$\$ (' #): ##& >#96 [85 (H85U0U)]
 彭耀强,薛立,潘澜,等⁶ \$%##2F 种阔叶幼苗叶片形态特征的
 季节变化⁶ 中国农学通报, \$9 (#F): F# >F=6
 (aUS @ g, ENU . , a45 . , \$, &3" \$%##6 ' U400541 KH45SU 0] 1U4] [M48[0]
 [HMJU ZM0471U4] OUU7185S06 (H85U0U -SMBKN1[NM41 ' K8U5KU AN11U[85 , \$9
 (#F): F# >F=6 [85 (H85U0U)]
 薛立,曹鹤⁶ \$%#%6 逆境下植物叶性状变化的研究进展⁶ 生态
 环境学报, #J (&): \$%%" >\$%J6
 (ENU . , (40 T6 \$%#%6 (H45SU0 0] 1U4] [M48[0 0] ^145[0 N57UM 0[MU00
 MU080[45KU6 *K010S' 457 *5\8M051 U5[41 ' K8U5KU0, #J (&): \$%%" >
 \$%J6 [85 (H85U0U)]
 章绍尧,丁炳扬⁶ #JJF6 浙江植物志: 总论卷⁶ 杭州: 浙江科学技术
 出版社⁶
 (BH45S ' C, X85S A @6 #JJF6 ?10M 0] BHU;845S: /01NI U eU5UM16
 T45SbHON: BHU;845S ' K8U5KU 457, UKH5010S' aMU006 [85 (H85U0U)]
 -741 0 X (, COH1] ? 36 \$%#%6 *K010S8K41 KH4M4K[UM 780^14KU1 U5[85
 D3\$,) /+ : A801 UKH458K41 78]UMU5KU0]ON57]MO1 4 SU01 U[MBK
 I OM^HO1 U[MBK 0[N7'6 aMKUU785S0 0] [HU +4[80541 -K47U1 ' 0]
 ' K8U5KU0 c' - , J9 (&): "#%=" >###6
 *1180 A, X41' X (, T8KFU' . 3, \$, &3" \$%#%6 V45N41 0] 1U4] 4MKH8[UK[NMU6
]H4K4 { +U_ @OMF: (OM5U11 c58\UM08[' aMU00, # >#J%6
 e05b41U0-C07M8SNUb - , -M840 X V, Y'41 4 n6 \$%#%6 VOM^H010S8K41 457
 C-aX 4541'080 0] H'ZM878b4[805 ZU_LU5 M.\$'(.% &00+-% 457 M"
 3&. '-+& (?4S4KU4U) , [0 VUM8K45 MU7 04f06 -I UMBK45 30NM541 0]

AO[45' , J# (F): "JJ >!%J6
 eN5b a , \8[[UMOUKFUM a6 \$%#F6 ' UI 814571 4MF0: 4 I U[HO7]OM dN45[8]'85S
 KNM\U0 457 ONM]4KU06 T'0[MBW-3][41845 30NM541 0] V4I I 410S' , "\$
 (#): #F >#%J6
 TN45S . 3 , (HU5S @6 \$%#"6 c57UM0[45785S 78\UM08[' 85 1U4] OH4^U 0]
 (H85U0U =&8-,&'& (-1801 4[4KU4U) Z' SU01 U[MBK [00106 a4f80[45
 30NM541 0] AO[45' , "= (=): #J\$9 >#JF"6
 3U50U5 C 3 , (80)458 n V, \8M41 05U0 . (6 \$%\$6 .85U0, ON[85U0 , 457
 14571 4MF0: VOM^HO1 U[MBK 4541'0U0 0] 1U4U0 0] 6(\$' '.@'.< , 6(\$'
 %&()&'&+. < (-KUM4KU4U) 457 [HUM H'ZM876 , 4W05, !#(F): "9! >"J\$6
 3U50U5 C 3 , T0f45005 ' (,)OUZM4570 3 e , \$, &3" #JJF6 VOM^HO1 U[MBK
 \4M84[805 85 04f0 0] [HU -^00[1U]014570 85 D80K05085: *87U5KU 0]
 H'ZM878b4[805 ZU_LU5 M.\$'(.% '.@& 457 M" \$33-2%/?&3% (?4S4KU4U) 6
 3U50U5 -I UMBK45 30NM541 0] AO[45' , &% (#): #F! & >#F==6
 30H450005 ? , 'K7UMdN80[V, AOf1 4 ?6 \$%#%J6)50UK[_85S OH4^U
 \01N[805: 857U^U57U5[U]UK[0 0] I 8SM[OM' 457 I 4[U SN4M785S]18SH[
 05 7M4S05]1' _85S06 A8010S8K41 30NM541 0] [HU .855U45 'OK8U[' , J9
 (\$) : F=\$ >F9\$6
 n185SU5ZUMS (a6 \$%#&6 +0\U1[' 457 +HO1 010S' <]MUU , I OM^HO1 U[MBK0:
 _H4[' 0 85 4 541 U?6 *^01N[8054M' A8010S' , F! (F): #&= >#J%6
 n185SU5ZUMS (a , e8740bU_0f8 + -6 \$%#%6 , U0[85S 457 dN45[8]'85S
 ^H'10SU5U[8K 08S5410 457 HO1 0^140' 85 I OM^HO1 U[MBK 74[46
 ' '0[U1 4[8K A8010S' , !J (F): "\$! >#=#6
 nMU1 UM - , XN^ONU' 3 . , XU450 3 X , \$, &3" \$%#%6 .U4] I OM^H010S8K41
 78]UMU5[84[805 ZU_LU5 M.\$'(.% '/@.' 457 M.\$'(.% 2\$, '&\$& 80 0[4Z1U
 4KMO00 _U0UM5 *NMO^U45 I 8MU7 04f 0[45706 -55 ?OMU0[' K8 , !J
 (9): 999 >9&96
 +4\4MM0 + , B4[4M485 E , V05[N8MU ' 6 \$%#"6 *]UK[0 0] I OM^HO1 U[MBK
 7U0KMB^OM KH45SU0 05 0[4[80[8K41 K14008]8K4[805 457 I OM^H00^4KU06
 A8010S8K41 30NM541 0] [HU .855U45 'OK8U[' , &F (\$) : "\$F >\$=%6
 COH1] ? 3 , '18KU X6 #JJ%6 *W[U508050 0] [HU aMKMNO[U0 I U[HO7]OM [HU
 0^81 41 0N^UMBI ^008[805 0] 14571 4MF06 ' '0[U1 4[8K B0010S' , FJ (#):
 "% >!J6
 , UM40H81 4) , T45Z4 @ , , HO1U5 X , \$, &3" \$%#%6 .U4]]N5K[80541
 454[01 ' 85 MU14[805 0 ^HO[00'5[HU0806 a145[aH'08010S' , #!! (#):
 #%& >##=6
 /8U8M4 V , V4'0 ' 3 , -57M47U) V X6 \$%#"6 eU01 U[MBK I OM^HO1 U[MBK0 0]
 1U4U0 0] 6+&(&'&?& .< <-'/(&'2.< XNKFU 457 6" /((?-\$+,&3\$.6
 (-54K4M784KU4U)]MO1 [HU K040[41 MJS805 0] a84N8 , AM4b816 AM4b81845
 30NM541 0] AO[45' , F9(F): F#! >F\$96
 /80K008 / , ?OM[85 a , '18KU X * , \$, &3" \$%#%6 eU01 U[MBK I OM^HO1 U[MBK
 4541'0U0 0] 1U4] \4M84[805 85]ONM 04f 0^UK8U0 0] [HU ONZSU5N0 M.\$'(.%
 (?4S4KU4U) 6 a145[A800'0[, #F(F): !9! >!&96
 E84 @ , , 05S T , .8 D n , \$, &3" \$%#%6 -5 474^8\U U0[81 4[805 0]
 781 U50805 MU7NK[805 0^4KU6 30NM541 0] [HU CO'41 ' [4[80[8K41 'OK8U[' ,
 =" (F): F=F > "#%6

(责任编辑 徐红)