

河西走廊芦苇的光合碳同化途径对 生境条件的适应*

郑学平 张承烈 陈国仓

(兰州大学生物系, 兰州 730000)

摘 要

本文以甘肃省河西走廊生长的四个不同生境芦苇为对象,比较研究了它们的叶解剖结构、光合关键酶活力、乙醇酸氧化酶活力和稳定碳同位素组成($\delta^{13}\text{C}$)。结果发现,沼泽芦苇叶中虽具有不典型的花环结构,但维管束鞘细胞中不含叶绿体,RUBPcase活力/PEPcase活力比值为24.4,乙醇酸氧化酶活力为 $1218\text{Unit mg pro}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, $\delta^{13}\text{C}$ 值为 -34% ,这些测值位于 C_3 植物(小麦)的范围内。生长于沙丘上的芦苇叶片具有明显的花环结构,维管束鞘细胞内含异型叶绿体,RUBPcase活力/PEPcase活力比值为0.985,乙醇酸氧化酶活力为 $504\text{Unit mg pro}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, $\delta^{13}\text{C}$ 值为 -20.9% ,这些测值与典型 C_4 植物(玉米)十分相似。盐化草甸芦苇和盐化草—沙丘过渡地带芦苇叶中均具有明显的花环结构,维管束鞘细胞中含大型叶绿体,RUBPcase活力/PEPcase活力比值分别为2.45和1.53,但乙醇酸氧化酶活力分别为1470和 $2058\text{Unit mg pro}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, $\delta^{13}\text{C}$ 值分别为35.6和30.6%,综合盐化草甸芦苇和过渡地带芦苇的上述指标,似介于沼泽芦苇和沙丘芦苇之间。由这些结果可以认为,分布于甘肃省河西走廊的芦苇,在种内发生有由环境因子引起的光合碳代谢途径的适应性改变。

关键词 芦苇;花环结构;RUBPcase/PEPcase比值;乙醇酸氧化酶;稳定碳同位素组成($\delta^{13}\text{C}$)

一、前 言

芦苇(*Phragmites communis*)是一个世界广布种,能适应十分不同的生态环境^[14]。我们发现,甘肃省河西走廊不仅生长有沼泽芦苇,还生长有耐干、热的沙丘芦苇和耐盐的盐化草甸与盐化草甸—沙丘过渡地带芦苇。已有研究证明,耐干、热和耐盐的芦苇,在夏季正午后气温高达约 40°C 、冠层大气相对湿度仅为30—40%时,叶片胞间 CO_2 浓度较沼泽芦苇显著降低,而光合作用速率却比沼泽芦苇并无降低趋势^[3]。目前一般认为,植物在干旱、高温^[13]或盐胁迫下^[2,17],高光合作用速率的保持与 C_4 代谢途径的运行有关。因此,本文进一步报道甘肃省河西走廊不同生境芦苇的叶解剖结构,RUBPcase和PEPcase活力、乙醇酸氧化酶活力以及组织中稳定碳组成的比较研究结果,以阐明生长于河西走廊同一地区的芦苇,在长期适应不同生态环境过程中是否存在种内碳同化途径的转变。这不仅对芦苇生理生态学的内容有所充实,更重要的是,这还对人为诱导植物的 C_4 代谢途径的研究具有参考价值。

本文于1991年7月收到,10月收到修改稿。

*国家自然科学基金资助项目。

二、材料和方法

1. 实验在甘肃省河西走廊临泽平川乡进行。该乡位于巴丹吉林沙漠南缘, 境内广布新月形沙垄和格状沙丘。年平均气温 7.6℃, 极端最高气温 39.1℃, 极端最低气温 -27.3℃。年降水量 117mm, 多集中于 7—9 月份。年蒸发量 2388mm, 为降水量的 20 倍。本实验以分布在该乡的沼泽芦苇、盐化草甸、沙丘芦苇和盐化草甸—沙丘过渡地带芦苇为研究对象。

取样当天, 不同生境芦苇群落冠层中气温、相对湿度、光合作用有效辐射用 Li-6200 便携式光合作用系统(美国 Li-Cor, inc) 测定。用常规法测定不同生境芦苇根际分布土层的土壤含盐量和土壤含水量。

2. 叶解剖结构系在野外用 2.5% 戊二醛(pH7.4) 固定不同生境芦苇的成熟同龄叶(由上至下第三片叶), 以 PBS 液冲洗 0.5h 后用 1% 锇酸固定 2h。再依次经 PBS 冲洗→丙酮脱水→丙酮:Epon812=1:1 45℃ 下处理→丙酮:Epon812=1:2 45℃ 下处理→纯 Epon812 45℃ 下处理后, 转入混合包埋剂(Epon812, DDSA, MNA 和 DMP-30) 中, 在 60℃ 下置 48 小时进行包埋, 包埋块用 2KB-V 型超薄切片机切成半薄切片, 封片后用 Olypus BH-2 型显微镜观察、拍照。

叶绿体淀粉的鉴定采用徒手切片, 以 KI 染色镜检。

3. 采集不同生境芦苇成熟同龄叶(由上至下第 3 片叶), 液氮保存。按王维光^[1]叙述的方法测定 RuBpc 活力和乙醇酸氧化酶活力。按 Griffin^[2]报道的方法测定 PEPC 活力。蛋白质含量是按 Bradford^[8]报道的方法测定。

4. 为了测定组织中稳定碳同位素组成, 将不同生境芦苇成熟同龄叶(由自上至下第 3 片叶) 105℃ 烘干, 研磨后根据 Craig^[9]的方法焚化。用乙醇-液氮冷阱(-80℃) 除去焚化气体中杂质, 再用液氮捕集样气。样气经多次升华纯化去除红色, 再度升华后贮入样气瓶内。在 AGA-100 四级杆质谱仪(日本 ANELVA 产品) 上测定 44、45、46 处峰高, 参照 Eliane^[11] 方法, 从 45 处峰高值减去 ¹²C、¹⁷O、¹⁸O 峰高值, 得 ¹³C 值。对 44 处峰高值加以 ¹²C、¹⁷O、¹⁸O 峰高值, 则得 ¹²C 值。以美国南卡罗莱纳州碳酸钙样品 PDB 标准(1123.72 × 10⁻⁵)、按 $\delta^{13}\text{C} = \frac{^{13}\text{C}/^{12}\text{C} - \text{标准值}}{\text{标准值}}$ 计算稳定碳同位素鉴别值^[5]。

三、结果与分析

(一) 芦苇不同生境中环境条件的比较

取材料当日对不同生境芦苇冠层中环境条件及根分布区土壤含水量和含盐量进行了测定, 结果见表 1。

从中可知, 分布于河西走廊的芦苇, 在不同生境中的光合作用有效辐射量(PAR)和气温(T) 差异不大, 但大气相对湿度(RH) 以沙丘芦苇冠层中最低, 沼泽芦苇者最高。根区土壤含水量除沼泽芦苇地表有积水外, 其余三种不同生境芦苇根区土壤含水量和含盐量按盐化草甸芦苇、过渡地带芦苇和沙丘芦苇顺序递减。由上述环境条件可知, 盐化草甸芦苇和过渡地带芦苇生境中存在着不同程度的初级盐份胁迫和由此引起的次级渗透胁迫。

表 1 不同生境芦苇冠层中环境条件的测定

Table 1 Determination of the environmental condition in the canopy of different habitat reed

不同生境的芦苇 Reed in various habitats	冠层中 In canopy			根区土壤 In soil of root zone	
	PAR ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)	T ($^{\circ}\text{C}$)	RH (%)	含盐量 Salt content (%)	含水量 Moisture content (%)
沼泽芦苇 Swamp-reed	1360.0	32.8	67		0.15
盐化草甸芦苇 Salt meadow-reed	1025.0	31.4	19	46.6	0.71
过渡地带芦苇 Transition zone-reed	1745.0	33.0	28	35.2	0.29
沙丘芦苇 Sand dune-reed	1950.0	32.6	17	13.7	0.09

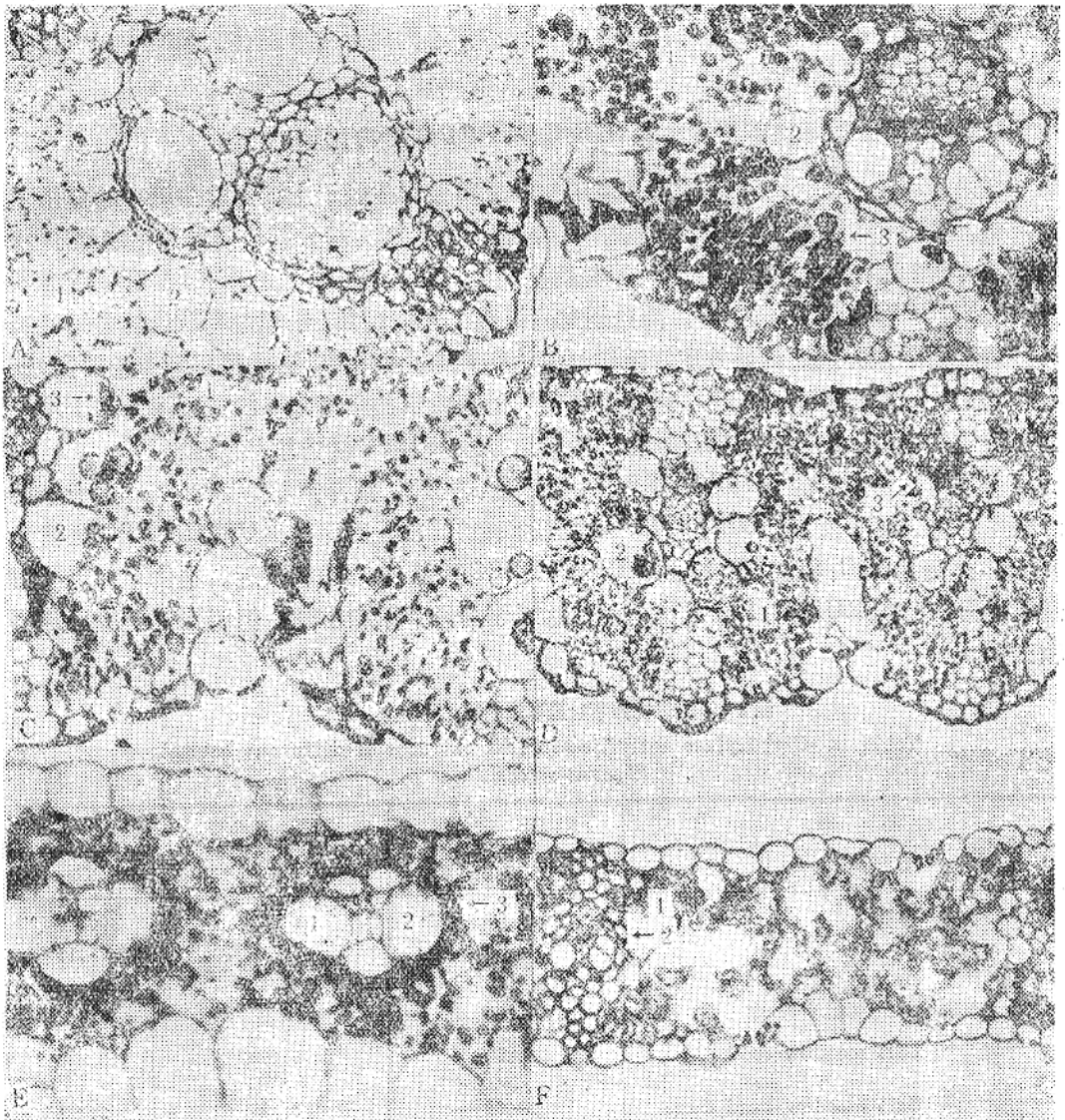


图1 不同生态型芦苇叶片通过维管束鞘的横切片

Fig. 1 Leaf cross-sections through vascular bundles of different habitat reeds
 A: 水生芦苇 Swamp-reed B: 盐化草甸芦苇 Salt meadow-reed C: 过渡地带芦苇
 Transition zone-reed D: 沙丘芦苇 Sand dune-reed E: 玉米 Corn F: 小麦
 Wheat 1: 叶肉细胞 Mesophyllous cells 2: 维管束鞘细胞 Vascular bundle 3:
 大型叶绿体 Large-chloroplast

迫, 并伴有一定程度的大气干旱胁迫。而沙丘芦苇生境中主要存在的是大气和土壤干旱胁迫。

(二) 不同生态环境芦苇叶解剖结构的比较

从图 1 可见, 采用四种不同生态环境中的芦苇成熟叶, 均具有花环(Kranz)结构, 但沼泽芦苇的维管束鞘细胞大都为中空(图 1A), 而盐化草甸芦苇和盐化草甸—沙丘过渡地带芦苇的维管束鞘细胞中含有大型颗粒状物(图 1B,C), 沙丘芦苇的维管束鞘细胞中所含颗粒状物大小不一(图 1D)。根据后三种不同生境芦苇叶维管束鞘细胞中所含颗粒状物对钨酸的着色很浅, 着色组织化学染色证明, 它们中含有大量淀粉。可以认为, 这些颗粒状物是一类在结构上与叶肉细胞内的叶绿体不同的异型叶绿体。Holaday^[16]曾报道, 这种异型叶绿体常见于 C₃—C₄ 居间型植物的维管束鞘细胞之中。

(三) 不同生态环境芦苇叶中 RUBPC 和 PEPC 活力比较

结果表明, 生长于高温、干旱生境中的沙丘芦苇和生长于土壤高盐生境中的盐化草甸芦苇, RUBPC 活力仅为沼泽芦苇的一半, 但 PEPC 活力却分别较沼泽芦苇增强了 12 和 5 倍(表 2)。这一结果不仅说明了植物在高温、缺水或盐渍化条件下 RUBPC 活力下降^[2,13,18], PEPC 活力增强^[17], 而且还充分证明了环境高温、干旱对 PEPC 活力增强的诱导效应强于盐胁迫的诱导效应。至于过渡地带芦苇, RUBPC 活力较沼泽芦苇要高, 且 PEPC 活力为沼泽芦苇的 8 倍, 这种现象很可能是由于盐化草甸—沙丘过渡地带土壤含盐量较盐化草甸土壤含盐量低, 温和的盐胁迫导致 RUBPC 活力增强的缘故^[15]。

从不同生境芦苇的 RUBPC/PEPC 比值可见(表 2), 沼泽芦苇为 21.247, 这十分接近典型 C₃ 植物(小麦)的 RUBP/PEPC 比值(25.11)。沙丘芦苇的 RUBPC/PEPC 比值为 0.986, 这与典型 C₄ 植物(玉米)的 RUBPC/PEPC 比值(0.789)相接近。盐化草甸芦苇和过渡地带芦苇的 RUBPC/PEPC 比值虽然远低于沼泽芦苇和小麦, 但明显高于沙丘芦苇和玉米。

表 2 不同生境芦苇叶提取液中羧化酶活力

Table 2 Carboxylase activities in leaf extracts of different habitat
Phragmites communis

植 物 Plants	RUBP 羧化酶 Carboxylase ($\mu\text{mol}/\text{mg}_{\text{chl}} \cdot \text{min}$)	PEP 羧化酶 carboxylase ($\mu\text{mol}/\text{mg}_{\text{chl}} \cdot \text{min}$)	RUBPCase
			PEPCase
玉米 Corn	10.91	13.82	0.789
小麦 Wheat	44.90	1.789	25.11
沼泽芦苇 Swamp-reed	25.71	1.210	21.24
沙丘芦苇 Sand dune-reed	12.05	12.23	0.987
盐化草甸 芦苇 Salt meadow-reed	12.52	5.106	2.447
盐化草甸 沙丘过渡 地带芦苇 Salt meadow-sand dune tran-sitional region-reed	29.58	8.495	3.481

(四) 不同生态环境芦苇叶中乙醇酸氧化酶活力的比较

通常认为, 植物光呼吸高, 主要是由于体内缺少 PEPC, 同时 RUBPC 活力又高的缘故^[4]。乙醇酸氧化酶(GOA)作为光呼吸代谢途径中的关键酶之一, 故它在植物体内活力的强弱在一定程度上能反映出植物光呼吸的强弱。事实上 Rintamaki^[24] 就曾用 GOA 活力测定作为判别芦苇碳代谢途径的指标之一。本研究结果表明, 沼泽芦苇叶中含有高活力的 RUBPC 和极低活力的 PEPC(表 2), 相应地, 其 GOA 活力亦甚高(表 3), 暗示出它如同小麦一样, 具有高的光呼吸。沙丘芦苇则表现为 GOA 活力与沼泽芦苇相比较, 有显著的下降, 而与玉米的 GOA 活力相当(表 3), 这显然与其叶中 RUBPC 活力明显下降, PEPC 活力明显增强有关(表 2), 不仅如此, 可能也与干旱胁迫直接抑制 GOA 活性^[21]有关。值得注意的是, 盐化草甸芦苇在 RUBPC 活力明显降低, PEPC 活力相当, 而过渡地带芦苇在 RUBPC 活力较沼泽芦苇有一定程度增强, 但 PEPC 活力显著增强的情况下, GOA 活力却较沼泽芦苇增强一倍(表 3), 这是否与盐胁迫直接刺激 GOA 活力有关, 有待进一步探讨。

表 3 不同生境芦苇叶提取液中乙醇酸氧化酶活力

Table 3. Glycollate oxydase activities in leaf extracts of different habitat *phragmites communis*

植 物 Plants	乙醇酸氧化酶 Glycollate oxydase activity (units/mg _{pro} · min)	不同生境芦苇 Reed in various habitats	乙醇酸氧化酶 Glycollate oxydase activity (units/mg _{pro} · min)
玉米 Corn	420	沙丘 芦苇 Sand dune-reed	504
小麦 Wheat	1092	过渡带 芦苇 Transitional region-reed	2058
沼泽 芦苇 Swamp-reed	1218	盐生 芦苇 Salt-reed	1470

(五) 不同生态环境芦苇叶中稳定碳同位素组成的比较

已有证据, RUBPC 可选择性地排斥大气中的 ^{13}C , 而 PEPC 对大气中 ^{12}C 和 ^{13}C 的选择性较 RUBPC 为差, 因此在 C_4 植物组织内 ^{13}C 含量比 C_3 植物要高得多。所以可依据不同植物体内所含 ^{13}C 的量作为 RUBPC/PEPC 比值高低, 进而作为区分 C_3 、 C_4 代谢途径的一个重要指标^[20,25]。本研究测定结果表明, 玉米作为一种 C_4 植物, 其 ^{13}C 鉴别值 $\delta^{13}\text{C}$ 确比 C_3 植物小麦为高, 且分别与报道的 C_3 、 C_4 植物 $\delta^{13}\text{C}$ 值^[20]基本相符(表 4), 对不同生境芦苇 $\delta^{13}\text{C}$ 值的测定证明, 沼泽芦苇的 $\delta^{13}\text{C}$ 值基本上与小麦的 $\delta^{13}\text{C}$ 值相等(表 4), 这与它们的 RUBPC/PEPC 比值高低(表 1)是吻合的。但是, 盐化草甸芦苇和过渡地带芦苇在 RUBPC/PEPC 比值接近的情况下, 却表现为前者的 $\delta^{13}\text{C}$ 值与沼泽芦苇和小麦的 $\delta^{13}\text{C}$ 值相当, 而后者其值偏高(表 4), 这种现象是否与 RUBPC 和 PEPC 在这两种不同生境芦苇的叶肉细胞和维管束鞘细胞中无严格区隔化有关^[7,23], 有待作深入探讨。

表4 不同生境芦苇稳定碳同位素比值

Table 4 Stable carbon isotope ratios of *phragmites communis* in different habitat

植 物 Plants	$\delta^{13}\text{C}(\%)$	不同生境芦苇 Reed in various habitats		$\delta^{13}\text{C}(\%)$
玉米 Corn	-16.1	沙丘芦苇	Sand dune-reed	-20.9
小麦 Wheat	-34.8	过渡带芦苇	Transitional region-reed	-30.6
沼泽芦苇 Swamp-reed	-34.0	盐化草甸芦苇	Salt meadow-reed	-35.6

四、讨 论

一般而言,种内遗传性变异与生境差异和生态适应是相关的,且遗传变异与分布幅度成正相关。芦苇虽系喜湿植物,但能适应广阔范围的环境变异,即其生态幅很广。因此,不同生态环境芦苇在形态结构特征和生理特征等方面差异十分显著^[10]。Percy^[8]曾根据光合作用强度日变化和叶温降幅将生长于美国加州 Death valley 的芦苇判定为 C_3 植物,但 Rintamaki^[24] 则根据 RUBPC/PEPC 比值和乙醇酸氧化酶活力将生长于芬兰南部 Turku 地区的芦苇判定为 C_3 — C_4 居间型植物。上述两种结论的得出,在一定程度上证明了芦苇在不同生态环境中有碳同化途径的变化,但由于取材地理位置差距甚大,更主要的是各自所采用的判断依据不一致,故难以确定芦苇种内因环境差异而导致碳同化途径的适应性转变关系。我们以统一的多项判断依据,并以典型的 C_3 、 C_4 植物为参照,首次发现,分布在属于北温带的甘肃省河西走廊同一地区的芦苇,当其生长在沼泽生境中时,叶解剖结构特征(图1)、RUBPC 比值(表2), $\delta^{13}\text{C}$ 值(表3)以及乙醇酸氧化酶活力,均与典型 C_3 植物相类似,这表明沼泽芦苇具有 C_3 光合作用途径。沙丘芦苇长期生长于季节性干旱、高温生境(表1)之中,上述四项指标测定结果,均十分接近于典型 C_4 植物(图1,表2,3,4),因而可将其判定为 C_4 植物。据报道,黄菊属的一些种,叶中维管束鞘细胞内虽含有叶绿体^[6,16],亦可测出高 PEPC 活性^[23],但 $\delta^{13}\text{C}$ 值却在 C_3 植物范围内^[19],认为具有如此属性的植物,具有一个有限的 C_4 途径与 C_3 途径同时发挥作用,但主要途径仍是 C_3 环,因而将此类植物视为 C_3 — C_4 中间型植物。生长于甘肃省河西走廊盐化草甸和盐化草甸—过渡地带的芦苇,也表现出叶维管束鞘细胞中均含有单一大型叶绿体(图1), RUBPC/PEPC 比值较 C_3 植物(小麦)要低(表1),但 $\delta^{13}\text{C}$ 值和乙醇酸氧化酶活力却在 C_3 植物(小麦)范围内(表3、4)。这表明,盐化草甸芦苇和过渡地带芦苇具有 C_3 — C_4 居间型植物的特征。由上述可以得出结论,即分布于河西走廊的芦苇,存在着显著的碳同化途径对环境的适应性转变和分子调控机理。

从系统关系上来看,大多数人认为, C_4 植物是从 C_3 植物中独立演化为分类上的不同类群,但至今一直未能在解剖和生理、生化水平上阐明 C_3 种到 C_4 种的具体进化过程^[7]。自从 C_3 — C_4 居间型植物被发现以来,已有不少研究者认为, C_3 植物是经由 C_3 — C_4 居间型过渡为 C_4 植物的^[7,22]。可是迄今并无有力的证据。本研究对生长于同一地区不同生境中芦苇 C_3 、 C_4 类别的发现,充分证明了, C_4 植物是由 C_3 植物演变而来,推动这一演变的主要环境因子为干旱、高温^[6,18],但这种演变并不局限于热带。而且,也由于 C_3 — C_4 居间型芦苇的发现,为揭示植物在环境影响下,从 C_3 种向 C_4 种的具体演变过程的研究

究提供了很好的条件。

参 考 文 献

- [1] 王维光, 1985: 二磷酸核酮糖羧化酶的测定, 薛应龙主编, 植物生理学实验手册, 上海科学技术出版社, 125—128。
- [2] 波杰科夫·梅伯, 1980: 植物对盐度的反应。波杰科夫·梅伯和盖尔主编(赵可夫译), 盐渍环境中的植物, 科学出版社, 71—145。
- [3] 张承烈、陈国仓, 1991: 河西走廊不同生境中芦苇气体交换特点的研究, 生态学报, 11(2)。
- [4] 赵微平, 1982: 作物生理学, 农业出版社, 302。
- [5] 魏菊英、王关玉, 1988: 同位素地球化学, 地质出版社, 99—102。
- [6] Bauwe H. 1983: Comparative phylogenetic age of C_3 - C_4 intermediate species of *Morinda* determined by isoelectric focusing and amino acid composition of small subunit of ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase. *Photosynthetica*, 17: 442—449。
- [7] Bauwe H., 1984: Photosynthetic enzyme activities and immunofluorescence studies on the localization of ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase in leaves of C_3 , C_4 and C_3 - C_4 intermediate species of *Flaveria* (Asteraceae). *Biochem. Physiol. Pflanzen*, 179: 253—268。
- [8] Bradford MM, 1976: A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Biochem.* 72: 248—254。
- [9] Craig H., The geochemistry of stable carbon isotopes. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 3: 55—92。
- [10] Dykyjova D. and Hradecka D. Production ecology of *Phragmites communis*. I. Relation of two ecotypes to the microclimate and nutrient condition of habitat. *Folia Geobot. Phytotax.* 1976, 11: 24—61。
- [11] Eliane D. 1976: La discrimination du $\delta^{13}C$ et les trois types de metabolisme des plantes. *Physiol. Veg.* 14: 641—656。
- [12] Griffin HW, Maurice S, Ku S, Gerald E., 1986: Catalytic activity of maize leaf: phosphoenolpyruvate carboxylase in relation to oligomerization. *Plant Physiol.* 80: 848—855。
- [13] Guy RD. and Reid DM., 1986: Factors affecting $^{13}C/^{12}C$ ratio of inland halophytes. I. Controlled studies on growth and isotopic composition of *Puccinellia nuttalliana*. *Can. J. Bot.* 64: 2693—2699。
- [14] Haslam SM. 1970: Variation of population type in *Phragmites communis*. *Trin. Ann. Bot.* 34: 147—158。
- [15] Heuer B. and Plaut Z. 1981: Carbon dioxide fixation and ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase activity in intact leaves of sugar beet plants exposed to salinity and water stress. *Ann. Bot.* 48: 261—268。
- [16] Holaday AS, Lee KW, Chollet R. 1984: C_3 - C_4 intermediate species in the genus *Flaveria*: leaf anatomy, ultrastructure, and the effect of O_2 on the CO_2 compensation concentration. *Planta*, 160: 25—32。
- [17] Ostrem JA, Osлом SW, Schwilt JW, Bohnert HJ. 1987: Salt stress increases the levels of translatable m-RNA for phosphoenolpyruvate carboxylase in *Mesembryanthemum Cystodium*. *Plant Physiol.* 84: 1270—1275。
- [18] Percy RW, Bezzy JA, Baw B. 1974: Field photosynthesis performance and leaf temperature of *Phragmites communis* under summer conditions in Death Valley California. *Photosynthetica*. 8: 104—108。
- [19] Peisker M, Bauwe H. 1984: Modelling carbon metabolism in C_3 - C_4 intermediate species. I. CO_2 compensation concentration and its O_2 dependence. *Photosynthetica*. 18: 9—19。
- [20] Peisker M. 1985: Modelling carbon metabolism in C_3 - C_4 intermediate species. II. Carbon isotope discrimination. *Photosynthetica*. 19: 300—311。
- [21] Pham Thi, AT. 1978: Influence du deficit hydrique sur le metabolisme du glycolate chez le cotonnier. *Physiol. Veg.* 16: 301—317。

- [22] Raghavendra AS, 1980: The characteristics of plant species intermediate between C_3 and C_4 pathway of photosynthesis their focus of mechanism and evolution of C_4 syndrome. *Photosynthetica*. 14: 271—283.
- [23] Reed JE, Chollet R. 1985: Immunofluorescent localization of phosphoenopyruvate carboxylase and ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase proteins in leaves of C_3 , C_4 and C_3-C_4 intermediate. *Flaveria* species. *Planta*. 165: 439—445.
- [24] Rintamaki E, Aro EM. 1985: Photosynthetic and photorespiratory enzymes in widely divergent plant species with reference to moss *ceratodon purpureus*, properties of ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase, phosphoenopyruvate carboxylase and glycolate oxidase. *J. Exp. Bot.* 36: 1677—1684.
- [25] Wong SC. 1979: Enzyme fraction of stable carbon dioxide by ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase. *Plant Physiol.* 63: 852—856.

INVESTIGATION ON THE ADAPTATION OF PHOTOSYNTHETIC CARBON METABOLISM PATHWAY TO ENVIRONMENT OF *PHRAGMITES COMMUNIS* IN HEXI CORRIDOR OF GANSU PROVINCE

Zheng Xue-ping Zhang Cheng-lie Chen Guo-cang

(Biological Department, Lanzhou University, Lanzhou 730000)

Abstract

Leaf anatomical structure, photosynthetic enzyme activity, glycolate oxidase activity and stable carbon isotopic composition ($\delta^{13}C$) in leaves from different habitat reed distributed over the Hexi corridor of Gansu province were comparatively investigated. The results indicate that the bundle sheath cells of swamp reed do not contain chloroplasts, the ratio of RUBPcase activity/PEPcase activity, activity of glycolate oxidase and $\delta^{13}C$ value in leaves of swamp reed fall in ranges typical for C_3 photosynthetic plant (wheat). The typical Kranz structure and the bundle sheath cells containing dimorphological chloroplasts were observed in leaves from sand dune reed, the ratio of RUBPcase activity/PEPcase activity, activity of glycolate oxidase and $\delta^{13}C$ value are quite similar to that of typical C_4 photosynthetic plant (Maize). Salt meadow reed and salt-meadow-sand-dune reed compared with swamp, although there are Kranz structure and bundle sheath cells containing chloroplasts in the former leaves, and the ratio of RUBPcase activity/PEPcase activity in the former leaves are lower than in the latter leaves, activity of glycolate oxidase, especially $\delta^{13}C$ values in the former leaves are similar to that of the latter leaves. These results may suggest that, in the Hexi corridor of Gansu province, environmental factors induce an active evolution of the pathway of photosynthetic carbon metabolism within reed species.

Key words reed, Kranz structure, RUBPcase activity/PEPcase activity, Glycolate oxidase, Stable carbon isotope composition ($\delta^{13}C$)