

高寒草甸 C₃、C₄ 植物叶片解剖特征的初步研究*

王启基 杨福圃

(中国科学院西北高原生物研究所)

一、引言

Kortschalk 等(1965)在甘蔗的叶子里发现了与卡尔文循环不相同的光合作用初产物——四碳化合物,因而将光合初产物是四碳化合物的植物称为 C₄ 植物,与具有卡尔文循环的 C₃ 植物相区别。

C₃ 植物与 C₄ 植物在 CO₂ 固定途径、光合作用的初产物、光合能力、生物生产量以及叶片的结构上都存在着较明显的差异(古谷雅树等,1979; Waller 和 Lewis, 1979),这些特征都可作为区分 C₃、C₄ 植物的指标,其中通过植物叶片结构特征的研究来确定 C₃、C₄ 植物是一种切实可行的方法。国外在这方面曾作了大量工作(Downton 等, 1968; Fl-sharkaway 等, 1965; Gallaher 等, 1975),并结合生理特征确定了上千种的 C₄ 植物(Downton, 1975; Waller 等, 1979)。国内,尤其对青藏高原大面积分布的高寒草甸植物尚未见到从植物结构特征来区分 C₃、C₄ 植物的文献报道。

本文报道了高寒草甸地区 C₃、C₄ 植物结构特征的初步研究结果,目的在于初步确定 C₃、C₄ 植物,并结合它们所处的生境条件,探讨 C₃、C₄ 植物的分布规律,为阐明高寒草甸植物光合作用、生物生产量差异的机制提供资料,为优良牧草的引种、驯化,发展高原畜牧业提供理论依据。

二、材料和方法

研究材料于 1981 年 7 月植物生长旺盛期,采自青海海北高寒草甸生态系统定位站。本区地处青藏高原东北隅,祁连山东段冷龙岭南麓,海拔 3200—3400 米;以高寒草甸地区的常见种和优势种或在高原畜牧业生产中具有重要经济意义的植物为主,共 51 种植物,隶属 16 科 40 属。

植物叶片以 F.A.A. 液固定。选叶片中段为材料,用石蜡切片法制片,切片厚 10 微米;部分禾本科植物叶片因含硅质较多,先用甘油-酒精软化处理后再制片。以铁矾-苏

* 此项工作得到西北大学生物系胡正海、田兰馨先生和本所王为义同志的指导和支
持,在此一并致谢。
本文 1983 年 10 月 10 日收到。

表 1 高寒草甸 C₃、C₄ 植物叶片解剖特征、类型及生境

Table 1 The anatomical characteristics leaf blades types and habitat of C₃, C₄ plants in alpine meadow

种 名 Name of species	花环状 结构 Kranz	维管束鞘 Vascular bundle sheath	维管叶绿体 Vascular bundle sheath chloroplast		类 型 Type	生 境 Habitat
			大 小 Size	数 量 Quantity		
禾本科 Gramineae						
扁穗冰草 <i>Agropyron cristatum*</i>	+	较发达 Developed	大 Big	多 Much	C ₄	干旱草原 Dry steppe
厚穗赖草 <i>Aneurolepidium dasystachys</i>	+	较发达 Developed	大 Big	多 Much	C ₄	农田、弃耕地、路旁 Farmland, wasteland, roadside
青海鹅冠草 <i>Roegneria kokonorica*</i>	+	一般 Common	小 Small	多 Much	C ₄	高寒草原 Alpine steppe
大颖草 <i>R. grangiumis*</i>	+	较发达 Developed	小 Small	多 Much	C ₄	高寒草原 Alpine steppe
藏异燕麦 <i>Helictotrichon tibeticum</i>	+	一般 Common	小 Small	多 Much	C ₄	高寒灌丛或草甸 Alpine shrub or meadow
垂穗披碱草 <i>Elymus nutans</i>	+	一般 Common	大 Big	多 Much	C ₄	弃耕地、鼠害严重地 Wasteland, rodent damaged place
细叶芨芨草 <i>Achnatherum chingii</i>	+	一般 Common	小 Small	多 Much	C ₄	高寒灌丛、草地 Alpine shrub, grassland
异针茅 <i>Stipa aliena</i>	-	不发达 Undeveloped	极小 Extreme small	少 Little	C ₃	高寒草原 Alpine steppe
落草 <i>Koeleria cristata</i>	-	不发达 Undeveloped	极小 Extreme small	少 Little	C ₃	草原 Grassland
羊茅 <i>Festuca ovina</i>	-	不发达 Undeveloped	极小 Extreme small	少 Little	C ₃	高寒草原 Alpine steppe
早熟禾 <i>Poa sp.</i>	-	不发达 Undeveloped	极小 Extreme small	少 Little	C ₃	草原 Grassland
发草 <i>Deschampsia caespitosa</i>	-	不发达 Undeveloped	极小 Extreme small	少 Little	C ₃	灌丛或沟边湿地 Shrub or marshy bank
燕麦 <i>Avena sativa*</i>	-	不发达 Undeveloped	极小 Extreme small	少 Little	C ₃	人工草地 Artificial grassland

莎草科 Cyperaceae	—	达发达 Undeveloped	—	—	C ₃	河滩地 Flood land
华扁穗草 <i>Blysmus sinocompressus</i>	—	不发达 Undeveloped	—	—	C ₃	高寒草甸 Alpine meadow
线叶嵩草 <i>Kobresia capillifolia</i>	—	不发达 Undeveloped	—	—	C ₃	高寒草甸 Alpine meadow
矮嵩草 <i>K. humilis</i>	—	不发达 Undeveloped	—	—	C ₃	高寒草甸 Alpine meadow
小嵩草 <i>K. pygmaea</i>	—	不发达 Undeveloped	—	—	C ₃	高寒草甸 Alpine meadow
藏嵩草 <i>K. tibetica</i>	—	不发达 Undeveloped	—	—	C ₃	沼泽草甸 Swamp meadow
异穗苔 <i>Carex heterostachya</i>	—	不发达 Undeveloped	—	—	C ₃	高寒草甸 Alpine meadow
黑褐苔 <i>C. atro-fusca</i>	—	不发达 Undeveloped	—	—	C ₃	高寒草甸 Alpine meadow
二柱头蘆草 <i>Scirpus distigmaticus</i>	—	不发达 Undeveloped	—	—	C ₃	灌丛或草甸 Shrub or meadow
菊科 Compositae	—	一般 Common	—	—	C ₃	草甸湿地 Meadow marsh
星状风毛菊 <i>Saussurea stella</i>	—	一般 Common	—	—	C ₃	高寒草甸 Alpine meadow
美丽风毛菊 <i>S. superba</i>	—	一般 Common	—	—	C ₃	灌丛或草甸 Shrub or meadow
黑紫风毛菊 <i>S. nigrescens</i>	—	一般 Common	大 Big	少 Little	中间型 Middle type	高寒草甸 Alpine meadow
矮火绒草 <i>Leontopodium nanum</i>	—	一般 Common	—	—	C ₃	高寒草甸 Alpine meadow
乳白香青 <i>Anaphalis lactea</i>	—	一般 Common	—	—	C ₃	高寒草甸 Alpine meadow
豆科 Leguminosae	—	不发达 Undeveloped	—	—	C ₃	高寒草甸 Alpine meadow
花苜蓿 <i>Trigonella ruthenica</i>	—	不发达 Undeveloped	—	—	C ₃	高寒草甸 Alpine meadow
异叶米口袋 <i>Gueldenstaedtia diversifolia</i>	—	不发达 Undeveloped	—	—	C ₃	山坡草地 Grassland of slopes
野决明 <i>Thermopsis lanceolate</i>	—	不发达 Undeveloped	—	—	C ₃	山坡草地 Grassland of slopes
多枝黄芪 <i>Astragalus polycladus</i>	—	不发达 Undeveloped	—	—	C ₃	山坡草地 Grassland of slopes

续表 1 Continuous Table 1

种 名 Name of species	花环状 结构 Kranz	维管束鞘 Vascular bundle sheath	维鞘叶绿体 Vascular bundle sheath chloroplast		类型 Type	生 境 Habitat
			大 小 Size	数 量 Quantity		
黄花棘豆 <i>Oxytropis ochrocephala</i>	—	不发达 Undeveloped	—	—	C ₃	山坡草地 Grassland of slopes
蔷薇科 Rosaceae	—	—	—	—	—	—
蕨麻 <i>Potentilla anserina</i>	—	不发达 Undeveloped	—	—	C ₃	弃耕地,鼠害严重地 Wasteland, rodent damaged place
二裂委陵菜 <i>P. bifurca</i>	—	不发达 Undeveloped	—	—	C ₃	山坡草地 Grassland of slopes
长叶无尾果 <i>Coluria longifolia</i>	—	不发达 Undeveloped	—	—	C ₃	高寒草甸 Alpine meadow
金露梅 <i>Dasiphora fruticosa</i>	—	不发达 Undeveloped	—	—	C ₃	溪流两岸,河滩地 Sides of the streams, flood land
高山绣线菊 <i>Spiraea alpina</i>	—	不发达 Undeveloped	—	—	C ₃	山地阴坡 Northern slopes
蓼科 Polygonaceae	—	—	—	—	—	—
西北利亚蓼 <i>Polygonum sibiricum</i>	—	不发达 Undeveloped	—	—	C ₃	弃耕地,路旁 Wasteland, roadside
珠牙蓼 <i>P. viviparum</i>	—	不发达 Undeveloped	—	—	C ₃	林缘湿地 Forest edge marsh
细叶蓼 <i>P. tenuifolium</i>	—	不发达 Undeveloped	—	—	C ₃	高寒草甸 Alpine meadow
高山蓼 <i>P. alpinum</i>	—	不发达 Undeveloped	—	—	C ₃	高寒草甸 Alpine meadow
毛茛科 Ranunculaceae	—	—	—	—	—	—
高山唐松草 <i>Thalictrum alpinum</i>	—	不发达 Undeveloped	—	—	C ₃	高寒草甸 Alpine meadow
兰花侧金盏 <i>Adonis coerulea</i>	—	较发达 Developed	大 Big	少 Little	中间型 Middle type	山坡草地 Grassland of slopes

木精染色,并用橘红G纯酒精溶液复染;另外还采用了番红-固绿双重染色法。在光学显微镜下观察叶片横切面结构,测量有关数据并摄影。

三、观察结果

根据 Crookston (1974); Hatch (1966); Williams (1974) 等的研究报道, C_3 、 C_4 植物的光合途径同叶片的解剖特征密切相关。 C_4 植物叶片的绿色组织 (chlorenchyma) 以维管束为中心呈放射状排列,内层为大型的维管束鞘细胞 (Vascular bundle sheath cell) 其细胞内含有大量的叶绿体,其体积较叶肉细胞的叶绿体大而颜色较深,并多呈远心分布,外层由较小的叶肉细胞 (mesophyll cell) 构成,上述细胞的排列图式形如花环,所以又称花环状 (Kranz) 结构。而 C_3 植物的维管束鞘不发达,即便有一定程度的发达,也不含叶绿体,或具很少的、非常小的叶绿体,周围的叶肉细胞排列也较松散。因此, Kranz 结构是 C_4 植物叶片解剖上的典型特征之一 (古谷雅树等, 1979; 村田吉男, 1980; Smith 等, 1973)。

根据有无 Kranz 结构等特征就可以将 C_3 、 C_4 植物加以区分。我们比较观察了高寒草甸 51 种植物叶片横切面结构。观察结果见表 1。

由表 1 可以看出,高寒草甸地区大部分植物属于 C_3 植物, C_4 植物仅在禾本科中发现有 7 种。它们是: 扁穗冰草 (*Agropyron cristatum*)、厚穗赖草 (*Aneurolepidium dasystachys*)、青海鹅冠草 (*Roegneria kokonorica*)、大颖草 (*Roegneria grandiglumis*)、藏异燕麦 (*Helictotrichon tibeticum*)、垂穗披碱草 (*Elymus nutans*)、细叶芨芨草 (*Achnatherum chingii*)。此外,黑紫风毛菊 (*Saussurea nigrescens*) 和兰花侧金盏 (*Adonis coerulea*) 两种植物叶片的解剖特征,既不呈明显的 C_4 植物的结构,又不同于 C_3 植物的结构。如二者的栅栏组织较发达,2—3 层栅栏组织细胞占叶厚的 1/3—1/2;海绵组织细胞大小形状不一,排列疏松。间隙发达。维管束鞘由一层大小不等的薄壁细胞组成,内有形状较大,数量不多的叶绿体分布。从叶片结构看,虽有较发达的维管束鞘和较大的叶绿体,但叶肉细胞排列很疏松,不呈放射状排列,没有明显的 Kranz 结构。它们是属于 C_3 、 C_4 植物的中间类型。

现将上述植物中比较典型的 C_4 、 C_3 植物的形态学特征分述如下:

(一) C_4 植物的形态学特征

1. 扁穗冰草

多年生草本。秆高 35—75 厘米,叶片宽 2—5 毫米,主要分布在干旱草原。

叶片扁平,边缘内卷,近轴面呈波状。维管束处叶片增厚达 212.1—303.0 微米;束间凹下,厚 122.7—166.6 微米,并有 4—5 个泡状细胞。表皮角质层厚约 9.1 微米,并有长 15.1—30.3 微米的刺状毛。栅栏组织和海绵组织分化不明显,叶肉细胞多呈长柱状,紧靠维管束鞘的 1 圈叶肉细胞长约 22.9 微米,宽约 8.0 微米,其长轴方向垂直于维管束,呈放射状紧密排列。

叶脉平行,束间距约为 139.7 微米,由直径为 90.5—121.2 微米的大维管束和直径为 36.4—60.6 微米的小维管束交替排列,较大维管束上下都有厚壁组织,从维管束延伸到表皮。而较小维管束仅远轴面具厚壁组织。维管束鞘由两层细胞组成,内鞘由“U”型加厚

的厚壁细胞组成;外鞘由较大的薄壁细胞组成,细胞长约 16.4 微米,宽约 13.5 微米,内含形状较大,数量较多的叶绿体,均为远心分布。叶片具有明显的 Kranz 结构。(图版 I:1—2)

2. 厚穗赖草

多年生草本。秆高 90 余厘米,叶片宽 4—7 毫米。多分布在海拔 3200 米以下的农田、弃耕地及路旁。

叶形类似前种,叶片近轴面表皮角质层厚约 2.8 微米,远轴面表皮角质层厚约 4.5 微米,并有长达 36.0—63.0 微米的刺状毛。栅栏组织和海绵组织分化不明显,叶肉细胞多呈长圆柱状,以维管束为中心呈放射状紧密排列,紧靠维管束鞘的一圈叶肉细胞长约 15.7 微米,宽约 9.7 微米。

叶片由 17 个直径不等的大小维管束交替平行排列,束间距约 145.1 微米。维管束鞘由两层细胞组成,内鞘由较小的厚壁细胞组成;外鞘由较大的薄壁细胞组成,细胞长约 16.9 微米,宽约 10.9 微米,内含形状较大数量较多的叶绿体,均为远心分布。叶片绿色组织的细胞相互交替紧密排列,具有明显的 Kranz 结构。(图版 I: 3—4)

3. 垂穗披碱草

多年生草本。秆高 50—90 厘米,叶片宽 3—5 毫米。多生长在土壤疏松的弃耕地或鼠害严重破坏的草地。

叶形类似前种,叶片近轴面表皮角质层厚约 1.8 微米,远轴面表皮角质层厚约 4.5 微米。栅栏组织和海绵组织分化不明显,叶肉细胞多呈短圆柱状,以维管束为中心呈放射状排列,紧靠维管束鞘的一圈叶肉细胞长约 16.8 微米,宽约 10.5 微米。

叶片有 23 个大小不等的维管束交替平行排列,束间距约 94.5 微米。维管束鞘由两层细胞组成,内鞘由较小的“U”型加厚的厚壁细胞组成;外鞘由长约 13.1 微米,宽约 11.6 微米的薄壁细胞组成,内含形状较大、数量较多的叶绿体,多呈远心分布,叶片绿色组织具有明显的 Kranz 结构。(图版 I: 5—6)

4. 细叶芨芨草

多年生草本。秆高 50—70 厘米,多生长在高寒灌丛或干旱草原。

叶片细线形,叶缘向内卷曲。叶片近轴面表皮角质层厚约 2.7 微米,远轴面角质层厚约 6.7 微米,栅栏组织和海绵组织分化不明显,叶肉细胞呈短圆柱状,以维管束为中心呈放射状排列。紧靠维管束鞘的一圈叶肉细胞长约 13.2 微米,宽约 9.9 微米。

叶片有 6 个平行排列的维管束,束间距约 85.5 微米。维管束鞘由两层细胞组成,内鞘由较小的厚壁细胞组成;外鞘由长约 11.0 微米,宽约 10.8 微米的薄壁细胞组成,内含型小数量较多的叶绿体,多呈远心分布。叶片绿色组织的细胞排列紧密,具有明显的 Kranz 结构。(图版 I: 7—8)

(二) C₃ 植物的形态学特征

1. 落草

多年生草本。秆高 25—50 厘米,叶片宽 2—3 毫米。多生长在山坡草地。

叶片扁平,微内卷,近轴面呈波纹状。维管束处叶片增厚达 137.3—180.0 微米,束间凹下,叶内细胞仅有 2—4 层,厚 76.0—90.0 微米。叶片近轴面表皮角质层厚约 1.4 微米,维管束间具 5—6 个泡状细胞;远轴面表皮角质层厚约 2.3 微米,并有少量的刺状毛。栅栏组织和海绵组织分化不明显,叶肉细胞多呈短圆柱状,排列较紧密。紧靠维管束鞘的 1 圈叶肉细胞长约 16.6 微米,宽约 14.4 微米。

叶片有 10 个大小不等的维管束平行排列,直径为 41.4—76.5 微米,束间距约 109.1 微米。维管束鞘由两层细胞组成,内鞘由较小的“U”型加厚的厚壁细胞组成;外鞘由长约 12.6 微米,宽约 11.6 微米的薄壁细胞组成,只含形状极小而数量稀少的叶绿体。维管束鞘薄壁细胞比叶肉细胞小,叶片没有明显的 Kranz 结构。(图版 II: 9—10)

2. 华扁穗草

多年生草本。秆高 5—20 厘米,叶片宽 1.0—3.5 毫米。多生长在溪流旁潮湿处或沼泽地,常形成较纯的群落。

叶条形,呈“V”字形。上表皮细胞较大,角质层厚约 4.5 微米。叶片中部凹陷处有 8—10 个呈扇形的泡状细胞。下表皮细胞较小,角质层厚约 3.6 微米。栅栏组织和海绵组织分化不明显,叶肉细胞呈椭圆状,靠近上表皮的 2—4 层细胞小而排列紧密;靠近下表皮的 2—3 层细胞大而排列疏松。维管束间有发达的薄壁组织,有些甚至破裂而成气腔。

叶片有 12 个大小不等的维管束交替平行排列,束间距约 62.8 微米。较大维管束上下都有厚壁组织,小维管束仅远轴面有厚壁组织或没有。维管束鞘由两层细胞组成,内鞘由较小的厚壁细胞组成;外鞘由长约 12.4 微米,宽约 9.6 微米的薄壁细胞组成,不含叶绿体。叶片无 Kranz 结构。(图版 II: 11—12)

3. 矮嵩草

多年生草本。秆高 5—20 厘米。多生长在高寒草甸。

叶形类似前种,上下表皮角质层分别为 2.3 微米和 3.6 微米。栅栏组织和海绵组织分化不明显,叶肉细胞多呈长约 14.8 微米,宽约 11.3 微米的短圆柱状,排列较紧密。维管束间有一些巨大的细胞形成薄壁组织。

叶片由 10 个大小不等的维管束交替平行排列,束间距约 61.6 微米。维管束鞘由两层细胞组成,内鞘由较小的厚壁细胞组成;外鞘由长约 11.3 微米,宽约 9.9 微米的薄壁细胞组成;不含叶绿体。维管束鞘薄壁细胞比叶肉细胞小,无 Kranz 结构。(图版 II: 13—14)

4. 蕨麻

多年生草本。匍匐茎细长,节上生根。多生长在河滩湿地,弃耕地或田间路旁。

叶片表皮角质层不明显。叶肉分化为明显的栅栏组织和海绵组织。栅栏组织 2 层,约占叶厚的 2/3,细胞多呈长 36.0—52.2 微米,宽 6.3—11.2 微米的长圆柱状,排列较紧密。海绵组织 2—3 层,细胞多呈椭圆状,大小不一、排列疏松,间隙发达。

网状叶脉,主脉和侧脉在叶背面凸出,形成肋,中间分布着许多支脉。束间距约 110.9 微米。维管束鞘由一层长约 17.1 微米,宽约 13.5 微米的薄壁细胞组成。维管束鞘较发达但不含叶绿体。叶片无 Kranz 结构。(图版 II: 15—16)

5. 高山蓼

多年生草本。秆高 10—30 厘米。多分布在高寒草甸及亚高山草甸。

叶片披针形,表皮角质层不明显。表皮细胞大小不一,排列不整齐。叶肉细胞分化为栅栏组织和海绵组织。栅栏组织由 3—4 层,长 22.5—36.0 微米,宽 6.7—13.5 微米的圆柱状细胞组成,排列紧密而整齐;海绵组织由 3—4 层大小不等的细胞组成,排列较疏松,有发达的孔下室。

网状叶脉,束间距约 99.9 微米。维管束鞘由 1 层大小不等的薄壁细胞组成,细胞长 15.7—31.5 微米,宽 13.5—18.0 微米,不含叶绿体。叶片无 Kranz 结构。(图版 II: 17—18)

四、小 结

通过对高寒草甸地区 51 种植物叶片结构特征的研究,得到如下看法:

(1) C_4 植物和 C_3 植物的叶片结构特征具有明显的差异。花环状 (Kranz) 结构是 C_4 植物叶片解剖结构的典型特征之一。根据有无 Kranz 结构等特征,在禾本科中发现扁穗冰草、厚穗赖草、青海鹅冠草、大颖草、藏异燕麦、垂穗披碱草和细叶芨芨草等 7 种为 C_4 植物,黑紫风毛菊和兰花侧金盏 2 种为中间型,其余 42 种植物均属 C_3 植物。其中 C_4 植物占所研究植物的 13.7%, C_3 植物占 82.4%, 中间型仅占 3.9%。这一结果与村田吉男 (1980) 的报道大致相似。他们认为, C_3 植物主要分布在温带低温湿润地区,而 C_4 植物主要分布在热带、亚热带的干燥地区和盐碱地。

7 种 C_4 植物均属禾本科植物,它们占被研究的禾本科植物总属数的 50%, 总种数的 53.8%。这一数字与 Downton (1975) 所统计的 13 科 843 种植物中, C_4 植物最多的是禾本科,占 C_4 植物总属数的 70%, 总种数的 60% 的趋势基本相符。上述结果说明高寒草甸地区 C_3 植物占绝对优势, C_4 植物主要分布在禾本科中。但是, C_4 植物中的青海鹅冠草、藏异燕麦、垂穗披碱草及细叶芨芨草与典型的 C_4 植物玉米 (*Zea mays*) 的解剖特征相比,它们的维管束鞘薄壁细胞不很发达,叶绿体形状较小。这些特征可能与高寒草甸地区的生境条件有关。

(2) 7 种 C_4 植物在高原严酷的生境条件下,表现出适应性强、生长迅速、繁殖力强、生物生产量较高等优点。它们是目前高原牧区人工种植的主要优良牧草。这就为今后优良牧草的引种驯化,育种工作提供了科学依据。

(3) 根据叶片解剖特征区分 C_3 、 C_4 植物是较简便方法之一。但不是唯一的方法,还可通过生理生化、生态学等多种途径来确定。特别是对一些难于确定的中间型更应通过多种途径来研究。

参 考 文 献

- 古谷雅树、宫地重远、玖村敦颜(薛德裕译) 1979年 植物生理讲座,1: 141—144;5: 66—74, 科学出版社。
村田吉男(段树生等译) 1981年 C_3 、 C_4 、CAM 植物的分类与生产性(上)国外农业科技, (12): 1—8, 中国农业科学院出版。
Crookston, R. K. and D. N. Moss 1974 Interveinal distance for carbohydrate transport in leaves of C_3

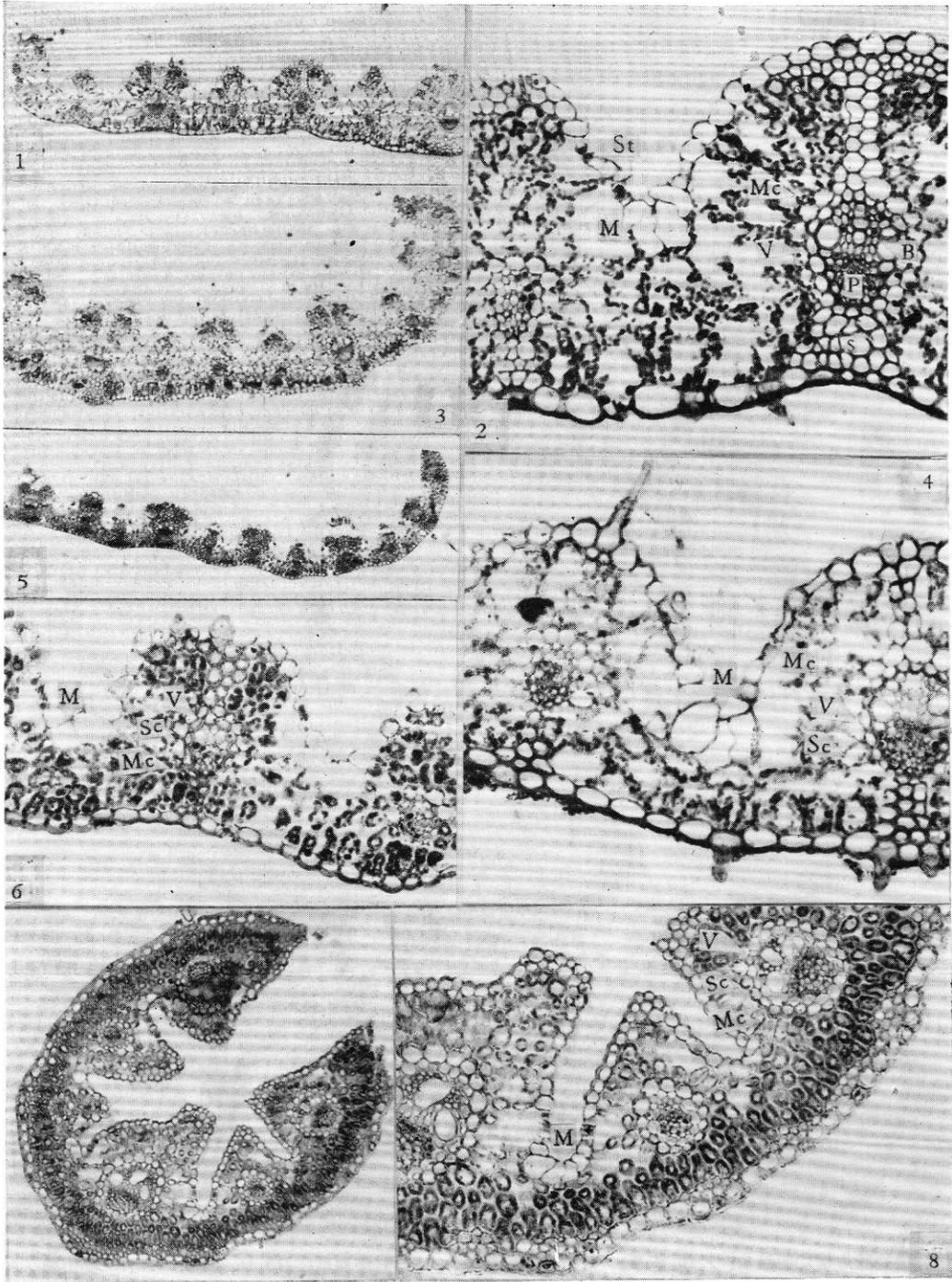
- and C_4 grasses. *Crop Sci* 14: 123—125.
- Downton, W. J. S. and E. B. Tregunna 1968 Carbon dioxide compensation-its relation to photosynthetic Carboxylation reactions, systematics of the Gramineae, and leaf anatomy. *Can J. Bot.* 46: 207—215.
- Downton W. J. S. 1975 The occurrence of C_4 photosynthesis among plants. *Photosynthetica* 9: 96—105.
- El-Shaekaway, M. and J. D. Hesketh 1965 Photosynthesis among species in relation to characteristic of leaf and CO_2 diffusion resistances. *Crop Sci* 5: 517—521.
- Gallaher, R. N, D. A. Ashley, and R. H. Brown 1975 ^{14}C Photosynthetic translocation in C_3 and C_4 plants to leaf anatomy. *Crop Sci* 15: 55—59.
- Hatch, M. D., and C. R. Slack 1966 Photosynthesis by sugar-cane leaves. A new carboxylation reaction and the pathway of sugar formation *Biochem.* 101: 103—111.
- Kortschalk, H. P., C. E. Hartt, and G. O. Burr 1965 Carbon dioxide fixation in sugar-cane leaves. *Plant Physiol.* 40: 209—213.
- Smith, B. N., and W. V. Brown 1973 The Kranz syndrome in the Gramineae as indicated by carbon isotopic ratios. *Amer. J. Bot.* 60: 505—513.
- Waller, and J. K. Lewis 1979 Occurrence of C_3 and C_4 Photosynthetic pathways in North American grasses. *Journal of Range management* Vol. 32. (1) pp 12—28.
- Williams, G. J. 1974 Photosynthetic adaptation to temperature in C_3 and C_4 grasses. *Plant Physiol.* 54: 709—711.

A PRELIMINARY STUDY ON THE ANATOMICAL CHARACTERISTICS OF C_3 , C_4 PLANTS IN ALPINE MEADOW

Wang Qiji Yang Futun

(Northwest Plateau Institute of Biology, Academia Sinica)

This paper deals with the anatomical characteristics of C_3 , C_4 plants in alpine meadow. Materials of 51 species of plants were collected from Alpine Meadow Ecosystem Station at Haibei, Qinghai province, during growing season in July 1981. The plant materials were fixed by F. A. A. liquid. The section was made by wax method. The structure of leaves was observed under an optical microscope. According to Kranz structure and other characteristics, It was preliminarily decided that seven species of Gramineae are of C_4 plants, they are: *Agropyron cristatum*, *Aneurolepidium dasystachys*, *Roegneria kokonorica*, *Roegneria gradglumis*, *Helictotrichon tibeticum*, *Elymus nutans*, *Achnatherum chingii*, And others are C_3 plants, Except *Saussurea nigrescens* and *Adonis coerulea*, Which are intermediate forms. Evidently, most plants of alpine meadow region are C_3 , This may be a general phenomenon in higher elevation and cold climate.



C, 植物叶片横切面结构: 1,2 扁穗冰草 3,4 厚穗赖草; 5,6 垂穗披碱草; 7,8 细叶芨芨草。

B 木质部; M 泡状细胞; Mc 叶肉细胞; P 韧皮部; S 厚壁细胞; Sc 维管束鞘叶绿体;
St 气孔; V 维管束鞘。

Cross sections of leaf blades in C, plants: 1,2 *Agropyron cristatum* ($\times 50$, $\times 250$); 3,4 *Aneurolepidium dasytachys* ($\times 50$, $\times 250$); 5, 6 *Elymus nutans* ($\times 50$, $\times 250$); 7, 8 *Achnatherum chingii* ($\times 50$, $\times 250$).

B Xylem; M Bulliform cell; Mc Mesophyll cell; P Phloem; S Sclerenchymatous cell; Sc Vascular bundle sheath chloroplast; St Stoma; V Vascular bundle sheath.



C₃ 植物叶片横切面结构: 9,10 落草; 11,12 华扁穗草; 13,14 矮嵩草; 15,16 蕨麻; 17,18 高山蓼。

Cross sections of leaf blades in C₃ plants:

9,10 *Koeleria cristata* (×48, ×238); 11,12 *Blysmus sinocompressus* (×48, ×238); *Kobresia humilis* (×48, ×238); 15,16 *Potentilla anserina* (×48, ×238); 17, 18 *Polygonum alpinum* (×48, ×238)。