

不同茎径甘蔗品种茎尖原生分生组织 不同区域细胞分裂频率差异

李素丽¹, 李志刚¹, 林鉴钊¹, 杨丽涛^{1*}, 陶春娘¹, 李杨瑞²

(1. 广西大学农学院, 南宁 530005; 2. 广西农业科学院, 南宁 530007)

摘要: 为探明甘蔗茎尖原生分生组织不同区域细胞分裂频率差异及其与茎径和株高的关系, 对6个不同茎径品种5个不同生长时期的甘蔗茎尖进行石蜡连续纵切片显微观察, 发现甘蔗茎尖原生分生组织各区域细胞分裂频率有明显差异: 周缘分生区细胞(3.89%) > 原体原始细胞区(2.67%) > 髓分生区(1.46%) > 原套原始细胞区(1.30%), 以上差异均达到显著水平; 各区域细胞分裂频率与甘蔗茎径均呈正相关, 其中髓分生区和原套原始细胞区细胞分裂频率与茎径的相关系数较大, 分别为 $r^2=0.856^*$ 、 $r^2=0.925^*$; 各区域细胞分裂频率与甘蔗株高均呈负相关, 其中原体原始细胞区细胞分裂频率与株高相关系数 $r^2=-0.728^*$ 。结果表明对原生分生组织各区域细胞分裂频率的精确量化, 可以揭示甘蔗茎尖原生分生组织各区细胞与其特征的内在联系和不同区域细胞活动能力差异是甘蔗茎增粗的细胞学基础。

关键词: 甘蔗; 茎尖; 原生分生组织; 细胞分裂频率; 茎径; 株高

中图分类号: Q944.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2010)03-0386-05

Cell division frequency difference in various regions of stem tip protomeristem in sugarcane varieties with different stem diameters

LI Su-Li¹, LI Zhi-Gang¹, LIN Jian-Zhao¹, YANG Li-Tao^{1*},

TAO Chun-Niang¹, LI Yang-Rui²

(1. College of Agriculture, Guangxi University, Nanning 530005, China; 2. Guangxi

Academy of Agricultural Sciences, Nanning 530007, China)

Abstract: In order to understand the correlation between difference of cell division frequency in various regions of stem tip protomeristem and stem diameter as well as plant height, continuous paraffin sections of six sugarcane varieties were investigated by microscopy at five different growth stages. The results showed that there was significant difference in cell division frequency of various regions of stem tip protomeristem. The difference followed the pattern: peripheral meristem(3.89%) > corpus-primary cell(2.67%) > pith(1.46%) > tunica-primary(1.3%). There was positive correlation between cell division frequency in different regions of stem tip protomeristem and sugarcane stem diameter, and the correlation coefficients were highly significant between stem diameter and pith zone and tunica-primary cell zone ($r^2=0.856^*$ and $r^2=0.925^*$, respectively). However, there were negative correlations between stem length and cell division frequency of stem tip protomeristem in different zones, and the correlation coefficient between corpus-primary cell and stem length was significant. The results could reveal the inherent relation between different

收稿日期: 2009-05-07 修回日期: 2009-11-30

基金项目: 国家自然科学基金(30060038)[Supported by the National Natural Science Foundation of China(30060038)]

作者简介: 李素丽(1972-), 女(壮族), 广西上林人, 硕士, 讲师, 主要从事植物生理解剖研究。(E-mail)lisuli88@sina.com.

* 通讯作者(Author for correspondence, E-mail: litao61@hotmail.com)

stem tip protomeristem zones and their characteristics with precise quantifications of cell division frequency in different protomeristem zones of sugarcane. The difference of cell activity in different zones could be the basic cytology of sugarcane stem thickening.

Key words: sugarcane; stem tip; protomeristem; cell division frequency; stem diameter; stem length

前人对被子植物原生分生组织的区域分化研究表明: 被子植物原生分生组织符合原套-原体学说 (Cecich 等, 1972; Fosket & Miksche, 1966; 施良, 1988; 蔡霞等, 1997; 李金亭等, 2008; 谭玲玲等, 2008; 马瑞君, 2001), 但没有对不同区域细胞的活动进行数量化描述, 从而导致人们对原生分生组织不同区域的划分不够精确, 也不利于深入研究不同区域对后续组织和器官发育的贡献, 而细胞区域划分越细致、分区越准确, 对后续组织和器官发生的贡献率就越清楚。甘蔗茎尖原生分生组织明显分为 4 个区 (图 1), 即原套原始细胞区、原体原始细胞区、周缘分生细胞区、髓分生区, 不同的区域行使不同的功能 (李素丽, 2003), 但至今尚未有人对甘蔗茎尖原生分生组织的细胞区域分化进行精确数量化划分, 为了揭示甘蔗茎尖原生分生组织各区细胞与甘蔗茎增粗与伸长的关系, 本研究以细胞形态分区为基础统计各区域细胞分裂频率, 研究不同区域细胞分裂频率与茎径和株高的关系, 为精细研究茎尖原生分生组织区域化提供参考, 也为单子叶植物甘蔗的增粗机理提供理论依据。

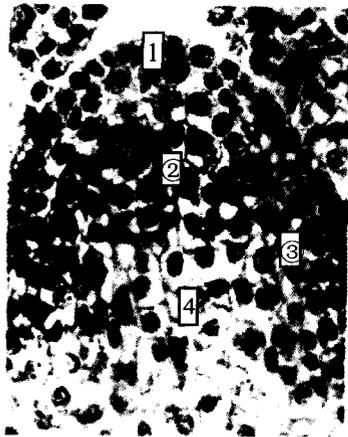


图 1 甘蔗原生分生组织, 示各区位置和细胞结构
Fig. 1 Sugarcane stem tip protomeristem, showing the position and cell structure of each zone ($\times 400$)

1. 原套原始细胞区; 2. 原体原始细胞区;
3. 周缘分生区; 4. 髓分生区。

1. tunica-primary cell zone; 2. corpus-primary cell zone; 3. peripheral meristem zone; 4. pith zone.

1 材料和方法

1.1 试验材料

试验材料是粤糖 86/368、粤糖 91/976、桂糖 11 号、新台糖 16 号、CP80/1827、农林 8 号 6 个不同茎径甘蔗品种, 在广西大学甘蔗实验地种植, 采用随机区组设计, 3 次重复, 5 行区, 行宽 1.3 m, 行长 6 m, 小区面积 7.8 m², 每行 80 芽, 每小区种 400 芽。田间管理与一般生产田相同。

砍收时, 各小区取 100 株测量茎径和株高。

1.2 研究方法

1.2.1 取样 于 2007 年 6 月 27 日, 7 月 8 日, 8 月 6 日, 8 月 25 日及 9 月 15 日选取与所标记长势、叶龄一致的植株, 记录清楚。每个品种每个时期各固定 5 个茎尖, 采集和固定时间均为上午 10:00 时左右。

1.2.2 显微结构研究方法 显微切片的材料用 FAA 溶液固定。常规石蜡法制片。制片厚 8~12 μm , 铁矾苏木精法染色 (李正理, 1996), 中性树脂封片, 用德国 Laica DMLB 显微镜对 150 个甘蔗茎尖 100 多张纵切面连续切片进行了详细的观察研究和拍照。

1.2.3 细胞分裂频率统计方法 为了获得细胞分裂频率, 必需先测量每个区域的细胞数目。计算一个茎尖原生分生组织整个区域内细胞的数目, 目前在技术上还有困难。但可以以一个原生分生组织一定数量的切面作为代表来计算, 每个茎尖选取 (每个品种每个时期共计量 5 个茎尖) 纵切面上最正中的 3 个切面, 共 30~40 μm 厚的范围为代表。假定同一原生分生组织中 3 个切面的分区方式不变, 每个品种都采取这样的方式来获得相对的细胞总数。这样的计算虽然不可避免存在一定误差, 但作为计算相对细胞分裂频率的基础还是有价值的。因为 40 μm 的厚度, 不超过原生分生组织的厚度。细胞分裂数目的测量是根据每个原生分生组织正中 3 个切面, 5 个茎尖共 15 张玻片上实际看到的有丝分裂的前期、中期、后期和末期实测的, 这样的计算方法, 虽然比实际存在的分裂细胞数要少一些, 但比较实际可靠。

细胞分裂频率是根据以下公式计算：

$$\text{细胞分裂频率} = \frac{\text{细胞分裂数}}{\text{细胞总数}} \times 100$$

对甘蔗茎尖原生分生组织各区细胞数目的测量和计算结果列于表1。

表1 不同茎径甘蔗品种茎尖原生分生组织各区域细胞分裂指数

Table 1 Cell division index in different zones of stem tip protomeristem in the sugarcane variety YT86/368

甘蔗品种 Sugarcane variety	日期 Date	原套原始细胞区 Tunica-primary cell zone			原体原始细胞区 Corpus-primary cell zone			周缘分生区 Peripheral meristem zone			髓分生区 Pith zone		
		细胞总数 (个) No. of cells	分裂期细胞数 (个) No. of cell in division stage	细胞分裂指数 (%) Cell division index	细胞总数 (个) No. of cells	分裂期细胞数 (个) No. of cell in division stage	细胞分裂指数 (%) Cell division index	细胞总数 (个) No. of cells	分裂期细胞数 (个) No. of cell in division stage	细胞分裂指数 (%) Cell division index	细胞总数 (个) No. of cells	分裂期细胞数 (个) No. of cell in division stage	细胞分裂指数 (%) Cell division index
粤糖	06-27	268	2	0.75cC	295	4	1.36bB	589	20	3.40aA	278	2	0.72dD
86/368	07-8	208	2	0.96dD	218	6	2.75bB	181	6	3.31aA	363	6	1.65cC
YT	08-06	237	3	1.27dD	259	6	2.32aA	423	8	1.89bB	215	4	1.86cC
86/368	08-25	173	3	1.73dD	172	5	2.91bB	284	15	5.28aA	143	3	2.10cC
	09-15	215	1	0.47dD	194	5	2.58bB	321	13	4.05aA	174	3	1.72cC
	平均 Mean	1101	11	1.00dD	1138	26	2.28bB	1798	62	3.45aA	1173	18	1.53cC
农林	06-27	97	0	0.00cC	95	4	4.21bB	120	6	5.00aA	87	0	0.00cC
8号	07-8	266	1	0.38cC	157	3	1.91bB	161	5	3.12aA	138	0	0.00cC
NL8	08-06	148	1	0.68cC	136	1	0.74bB	255	8	3.14aA	137	1	0.73bB
	08-25	111	0	0dD	108	2	1.85bB	239	14	5.86aA	136	1	0.74cC
	09-15	165	3	1.82bB	164	3	1.83bB	358	7	1.96 aA	224	2	0.89cC
	平均 Mean	787	5	0.64cC	660	13	1.97bB	1133	40	3.53aA	722	4	0.55cC
CP	06-27	78	1	1.28dD	95	4	4.21bB	81	4	4.94aA	204	7	3.43cC
80/1827	07-8	47	0	0.00cC	51	2	3.92aA	83	2	2.41bB	44	0	0.00cC
	08-06	160	1	0.63bB	175	2	1.14aA	331	4	1.21aA	162	1	0.62bB
	08-25	202	2	0.99dD	175	5	2.86bB	348	11	3.16aA	172	3	1.74cC
	09-15	248	2	0.81cB	131	3	2.29bA	124	3	2.42aA	127	0	0.00dC
	平均 Mean	735	6	0.82dD	627	16	2.55aA	967	24	2.48aA	709	11	1.55cC
粤糖	06-27	93	0	0cC	104	1	0.96bB	152	8	5.26aA	81	0	0cC
91/976	07-8	304	4	1.32cC	178	3	1.69bB	172	6	3.49aA	170	2	1.18dD
YT	08-06	226	2	0.88cC	192	2	1.04bB	408	14	3.43aA	202	0	0dD
91/976	08-25	153	8	5.23cC	183	10	5.46bB	326	23	7.06aA	182	5	2.75dD
	09-15	233	8	3.43cC	208	8	3.85bB	400	25	6.25aA	233	8	3.4cC
	平均 Mean	1009	22	2.18cC	865	24	2.77bB	1458	76	5.21aA	868	15	1.73dD
新台糖	06-27	132	0	0.00dD	153	2	1.31bB	280	5	1.79aA	140	1	0.71cC
16号	07-8	168	1	0.60cC	99	2	2.02aA	84	1	1.19bB	86	0	0.00dD
ROC16	08-06	185	2	1.08dD	360	13	3.61bB	186	7	3.76aA	170	3	1.76cC
	08-25	145	2	1.38cC	131	2	1.53bB	304	7	2.30aA	139	1	0.72dD
	09-15	108	0	0.00cC	121	1	0.83aA	218	1	0.46bB	104	0	0.00cC
	平均 Mean	738	5	0.68dD	864	20	2.31aA	1072	21	1.96bB	639	5	0.78cC
桂糖	06-27	139	3	2.16dD	64	3	4.69bB	84	4	4.76aA	87	3	3.45cC
11号	07-8	131	4	3.05cC	132	7	5.30bB	266	21	7.89aA	116	3	2.59dD
GT11	08-06	146	5	3.42cC	131	5	3.82bB	349	24	6.88aA	179	4	2.23dD
	08-25	199	4	2.01dD	200	7	3.5bB	376	16	4.26aA	204	6	2.94cC
	09-15	170	2	1.18dD	183	9	4.92bB	362	18	4.97aA	226	3	1.33cC
	平均 Mean	785	18	2.29cC	710	31	4.37 bB	1437	83	5.78aA	812	19	2.34cC

注：以上多重比较均为同一时期不同区域比较。下同。

Note: the above multiple comparisons are for different zones at the same date listed in the same row. The same below.

2 结果与分析

2.1 甘蔗茎尖原生分生组织不同区域细胞分裂频率差异

表 1 表明,所有供试品种周缘分生区和原体原始细胞区每个时期都存在细胞分裂,大茎种 86/368、桂糖 11 号原套原始细胞区和髓分生区每个时期都存在细胞分裂,中茎种 91/976、CP80/1827 原套原始细胞区分别有 1 个时期分裂指数为 0,髓分生区分别有 2 个时期分裂指数为 0,小茎种农林 8 号、新台 16 号原套原始细胞区和髓分生区都分别有 2 个时期分裂指数为 0。所有供试品种不同时期各区域细胞分裂指数的大小都呈现同一趋势:周缘分生区细胞分裂指数最高,原体原始细胞区次之,其次是髓分生区,最后是原套原始细胞,但最后两个区域之间大部分时期细胞分裂指数没达到显著差异。

综合 6 个品种在同一时期中不同区域细胞分裂指数高低的比较顺序是:周缘分生区(3.89%)>原

体原始细胞区(2.67%)>髓分生区(1.46%)>原套原始细胞区(1.30%),除了髓分生区和原套原始细胞区两者之间未达到差异显著水平外,其它几个均达到差异显著水平。以上结果表明甘蔗茎尖原生分生组织不同区域细胞分裂频率有所差别。

2.2 甘蔗茎尖原生分生组织各区域细胞分裂频率与茎径的关系

不同甘蔗品种的茎径、株高与原生分生组织各区域的细胞分裂指数见表 8。相关分析表明各区域细胞分裂指数均与茎径呈正相关,原套原始细胞区细胞分裂指数与茎径相关系数 $r^2 = 0.925^*$;原体原始细胞区细胞分裂指数与茎径相关系数 $r^2 = 0.481$;周缘分生区细胞分裂指数与茎径相关系数 $r^2 = 0.382$;髓分生区细胞分裂指数与茎径相关系数 $r^2 = 0.856^*$,其中原套原始细胞区和髓分生区细胞分裂指数与茎径相关性均达到了差异显著水平。各区域细胞分裂指数均与株高呈负相关趋势,但除原体原始细胞区细胞分裂指数与株高相关系数 $r^2 = -0.728^*$ 达到了显著差异水平外,其余均不显著。

表 2 不同甘蔗品种生长锥各区域间细胞分裂指数
Table 2 Cell division index stem tip protomeristem in different zones of all sugarcane

甘蔗品种 Sugarcane variety	原套原始细胞区 Tunica-primary cell zone			原体原始细胞区 Corpus-primary cell zone			周缘分生区 Peripheral meristem zone			髓分生区 Pith zone		
	细胞 总数 (个) No. of cells	分裂期 细胞数 (个) No. of cell in division stage	细胞分 裂指数 (%) Cell division index	细胞 总数 (个) No. of cells	分裂期 细胞数 (个) No. of cell in division stage	细胞分 裂指数 (%) Cell division index	细胞 总数 (个) No. of cells	分裂期 细胞数 (个) No. of cell in division stage	细胞分 裂指数 (%) Cell division index	细胞 总数 (个) No. of cells	分裂期 细胞数 (个) No. of cell in division stage	细胞分 裂指数 (%) Cell division index
GT11	1101	11	1.00dD	1138	26	2.28bB	1798	62	3.45aA	1173	18	1.53cC
ROC16	738	5	0.68dD	864	20	2.31aA	1072	21	1.96bB	639	5	0.78cC
YT91/976	1009	22	2.18cC	865	24	2.77bB	1458	76	5.21aA	868	15	1.73dD
NL8	787	5	0.64cC	660	13	1.97bB	1133	40	3.53aA	722	4	0.55cC
CP80/1827	735	6	0.82dD	627	16	2.55aA	967	24	2.48aA	709	11	1.55cC
YT86/368	1101	11	1.00dD	1138	26	2.28bB	1798	62	3.45aA	1173	18	1.53cC
平均 Mean	5155	67	1.30cC	4864	130	2.67 bB	7865	306	3.89aA	4923	72	1.46cC

表 3 不同甘蔗品种的茎径与原生分生组织各区域的细胞分裂指数
Table 3 Stem diameter and cell division indexes in different zones
of stem tip protomeristem in different sugarcane varieties

性状 Characters	GT 11	ROC 16	YT91/976	NL8	CP80/1827	YT 86/368
茎径 Stem diameter (cm)	3.05	2.22	2.95	1.83	2.99	3.25
株高 Plant height (m)	2.60	3.02	3.02	2.82	2.87	2.98
原套细胞分裂指数 Cell division index in tunica-primary cell zone(%)	2.29	0.68	2.18	0.64	0.82	1
原体细胞分裂指数 Cell division index in corpus-primary cell zone (%)	4.37	2.31	2.77	1.97	2.55	2.28
周缘细胞分裂指数 Cell division index in peripheral meristem zone (%)	5.78	1.96	5.21	3.53	2.48	3.45
髓分生区细胞分裂指数 Cell division index in pith zone (%)	2.34	0.78	1.73	0.55	1.55	1.53

3 结论与讨论

甘蔗茎尖原生分生组织各区域细胞分裂频率有明显差异,同一品种不同的发育时期均表现同一趋势:周缘分生区>原体原始细胞区>髓分生区>原套原始细胞区,除了髓分生区和原套原始细胞区两者之间未达到差异显著水平外,其它几个之间均达到显著差异。周缘分生区是原生分生组织最活跃的区域,直接参加苗的形态建成,产生叶原基和原形成层(Laux & Mayer, 1996; 马瑞君, 2001; 蔡霞等, 1997; 李金亭等, 2008; 谭玲玲等, 2008),周缘分生区高频率的细胞分裂有利于叶原基和原形成层的产生;原体原始细胞区为一切组织细胞的发生中心,原体原始细胞区较高的细胞分裂频率有利于产生更多细胞补充到以下周缘分生区和髓分生区(K·伊稍, 1982);原套原始细胞区进行垂周分裂,起到扩大原生分生组织的作用(Cecich 等, 1972; Fosket & Miksche, 1966; 施良等, 1988; K. 伊稍, 1982);髓分生区细胞核细胞液泡化程度高,细胞开始分化,细胞分裂频率很低。通过以上分析可看出,甘蔗茎尖原生分生组织各区域细胞分裂频率的差异为各区域细胞行使各自功能提供了细胞学基础。

甘蔗茎尖原生分生组织各区域细胞分裂频率与甘蔗茎径均呈正相关,茎增粗是由细胞数目的增多和体积的增大来决定的,细胞分裂频率高有利于茎的增粗(贺学礼, 2004)。在所有区域中髓分生区和原套原始细胞区细胞分裂指数低,但此两区细胞分裂指数与茎径的相关性最密切,表明髓分生区和原套原始细胞区细胞分裂对甘蔗茎的增粗贡献较大。

甘蔗是单子叶植物,大部分单子叶植物伸长主要是居间分生组织细胞活动的结果(胡宝忠等, 2002)。甘蔗茎尖原生分生组织各区域细胞分裂频率与甘蔗株高呈负相关,其中原体原始细胞区细胞分裂指数与甘蔗株高的负相关达到显著水平,表明

甘蔗的伸长主要不是由原生分生组织各区域细胞分裂而引起,其原因有待进一步探讨。

以上结果表明:对原生分生组织细胞分裂频率的精确量化对于揭示甘蔗茎尖原生分生组织各区域细胞与特征的内在联系有重要作用。

参考文献:

- 李正理. 1987. 植物制片技术[M]. 第二版. 北京: 科学技术出版社, 50—56
- 李素丽. 2003. 甘蔗茎径增粗的细胞学基础研究——原生分生组织的区域化和活动规律[D]. 广西大学硕士学位论文, 43—50
- 贺学礼. 2004. 植物学[M]. 北京: 高等教育出版社, 122—126
- 胡宝忠, 胡国宣. 2002. 植物学[M]. 北京: 中国农业出版社, 120—124
- K·伊稍著, 李正理译. 1982. 种子植物解剖学[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 191—197
- Cai X(蔡霞), Wu H(吴鸿), Hu ZH(胡正海). 1997. Developmental anatomy on the stem of *sinomenium acutum* vat. *cinereum* 毛青藤茎的发育解剖学研究[J]. *Acta Bot Boreali-Occidentalia Sin*(西北植物学报), 17(5): 69—74
- Cecich RA, Lersten NR, Miksche JP. 1972. A cytophotometric study of nucleic acids and proteins in the shoot apex of white spruce[J]. *Amer J Bot*, 59: 442—449
- Ding B. 1998. Intercellular protein trafficking through plasmodesmata[J]. *Plant Mol Biol*, 38: 279—310
- Fosket DE, Miksche JP. 1966. A histochemical study of the seedling shoot apical meristem of *Pinus lamertiana*[J]. *Amer J Bot*, 53: 694—702
- Li JT(李金亭), Hu ZH(胡正海), Gao P(高鹏). 2008. Developmental anatomy of the stem in *Achyranthes bidentata*(牛膝茎的发育解剖学研究)[J]. *Guihaia*(广西植物), 28(2): 173—178
- Ma RJ(马瑞君), Sun K(孙坤), Hang AI(黄爱仑), et al. 2001. Anatomical structure of shoot apex on *Angelica sinensis*(当归营养苗端的解剖学观察)[J]. *J Northwest Normal Univ; Nat Sci Edi*(西北师范大学学报·自然科学版), 37(2): 67—69
- Shi L(施良), Wang FX(王伏雄), Hu YX(胡玉喜). 1988. Structural and histochemical studies of vegetative apex in *torreyia grandis*(香榧营养苗端的结构及淀粉动态的研究)[J]. *J Integrative Plant Biology*(植物学报), 30(4): 341—346