

甘蔗根系活力的研究

莫家让

(广西农学院)

前 言

植物根系是吸收水分和矿质营养的主要器官,同时,也是体内许多重要有机物(包括某些生理活性物质)合成的场所。根系与地上部分正常的物质交流和循环,是植物生长正常的重要保证。就农作物而言,高产优质往往决定于根系的正常代谢,根系处于不良条件下代谢失调,常是减产的直接原因^[7]。因此,作物根系生理的研究,引起人们的广泛重视。由于根系深藏地下,要了解其活动本质,十分困难。自以 CaBvнннн 提出可以利用植物伤流量来表明根系主动吸水和利用伤流分析来“诊断”植物营养状况的观点后,国内外许多研究者把伤流液的收集和分析作为作物根系活力的指标,并对向日葵^[14,20]、菸草^[11]、马铃薯^[12]、棉花^[9]、水稻^[6]、油菜和小麦^[1]等作物进行了研究,但在甘蔗方面,曾提到根压与品种抗旱力有一定关系外^[6],未见详细的研究报道。为了了解甘蔗根系活力及其变化的一些基本规律,特进行本实验,积累资料,为今后深入研究甘蔗生理和探索根系活力作为营养指标,提供参考。

材 料 和 方 法

本实验以春植或冬植于丰产区、试验区或一般生产区的台糖134、桂农71—3、粤糖57/423或黑皮果蔗为材料。

伤流液的收集,先在取样区用卡尺测量50—100茎的中部节间直径,求出茎径平均值,并以此数值为准,选取生长正常、无病虫害、周围无缺株的蔗茎5—10条,用毛巾擦净茎基部,在离地面13—15cm处,以利刀切断节间,要求切口平整,随即放上一块已知重量的脱脂棉,盖上清洁塑料薄膜,捆紧,使脱脂棉与切口紧密接触,以利收集伤流液。为了避免蚊虫干扰,在切口下3—5cm处,涂一圈清凉油。收集经1—2小时,取回称重,计算伤流量。然后,榨出伤流液作分析。钾的测定按亚硝酸钴钠法。磷测定按磷钼兰显色法。氨基酸的微量分析是以正丁醇:冰醋酸:水(4:1:5)作溶剂,作单向纸层析,重复跑二次。伤流液中保绿物质的检验方法:取30ml伤流液盛于三个培养皿中,每个皿10ml,将蔗茎自上而下的第四叶取回,用直径1cm的钻孔器取120块蔗叶圆片,平均地放入盛伤流液的培养皿中,另外,以三个培养皿盛浓度为5mg/L的激动素、三个培养皿盛蒸馏水作对比,同样放入蔗叶圆片,置于暗室,温度保持25—30℃,处理前和处理后数日,分别取样测定蔗叶圆片的叶绿素含量。叶绿素的测定,采用80%的热酒精提取,用72型分光光度计进行。

结 果 和 讨 论

一、伤流量与品种、生长时期的关系

1974年9月,测定了栽培管理相同的春植台糖134和粵糖57/423的伤流量,1975年8月下旬和12月上旬测定了春植品种比较试验区中的不同品种的伤流量,结果见表1。

表1 甘蔗不同品种、不同生长时期的伤流量

品 种	试 验 区 编 号	测 定 日 期 (年, 月, 日)	切 口 直 径 (cm)	伤 流 量 mg/茎, 小 时
台 糖 134	1	75,8,25	2.4	5890
桂 农 71-3	1	75,8,25	2.7	4630
台 糖 134	1	75,12,6	2.5	720
桂 农 71-3	1	75,12,6	2.9	80
粵 糖 $\frac{57}{423}$	1	75,12,6	2.8	120
台 糖 134	2	74,9,26	2.6	7760
粵 糖 $\frac{57}{423}$	2	74,9,26	2.9	3440

从表1看出,不同品种的伤流量差异甚大。王道钧等在棉花的研究中也观察到品种间的明显差别^[3],似乎不同品种的根系活力与其遗传性有关。过去有人认为根压大的甘蔗品种,其抗旱力较强^[9],如果这是普遍规律的话,那么,台糖134的抗旱力要比粵糖57/423和桂农71-3强些。

蔗株处于不同生长时期的伤流量也存在很大差别。3月份伤流量的测定值比12月份的测定值相差很大。前人对其他作物的研究,也获得类似结果。Cyc指出^[13],向日葵的伤流量与植株发育状况有关。伤流量的多少与根系吸收表面积有高度的正相关,伤流量随植株的衰老而减少。Mokpohocob等指出^[12],马铃薯处于生长最旺盛的时期,分泌的伤流量最多。王道钧等测定过棉株不同生育期的伤流量,发现处于花铃期的伤流量显著地多于蕾期、盛铃期和吐絮期,他们认为^[9],花铃期的棉株生理活动最旺盛,其伤流量较多与干物积累和净同化率较高有关。由此看来,本实验8月份的测定值之所以显著高于12月份测定值,乃因8月份蔗株生理活动、干物积累能力比12月份强些,可能8月份根系吸收表面积也大些。此外,8月份的许多外界因素如温度、水分条件明显优于12月份,这对根系生理活动有一定良好影响。

二、伤流液及其内含物的昼夜变化

1974年10月下旬,测定了春植试验区(行距4尺,每亩种植6000芽)的粵糖57/423伤流量的昼夜变化,同时分析了伤流液中无机磷和氧化钾总量的昼夜变化,我们把上午7时至19时算为白天,19时至次日上午7时算为夜间,比较了白天和夜间伤流量、随伤流液上运无机磷和K₂O总量。结果见图1。

图1表明,在一昼夜内,土表下10-20cm的温度基本无变化,但不同时间伤流量的差别是明显的,以午前和夜间九时以后伤流量高,午后至夜间九时的伤流量低。白天的总伤流量和平均每小时产生的伤流量也比夜间低(表2)。这种情形,与水稻伤流量的昼夜变化相似。

但甘蔗在一昼夜内伤流量的变化幅度大些，其最高值比最低值多86%，而水稻的最高值比最低值多20—30%〔6〕。甘蔗伤流量的昼夜变化与向日葵〔14〕和棉花〔3〕相比，则恰相反，根据这些资料，可以提出两点疑问：第一，为什么作物的伤流量存在昼夜节律？第二，为什么不同作物的昼夜节律表现不一致？Трубчикова等认为〔16〕，伤流的昼夜节律是由根系生长特性所造成。另一些研究者认为〔22〕，植物地上部分长期处于光和暗交替的环境中，促使根系的透

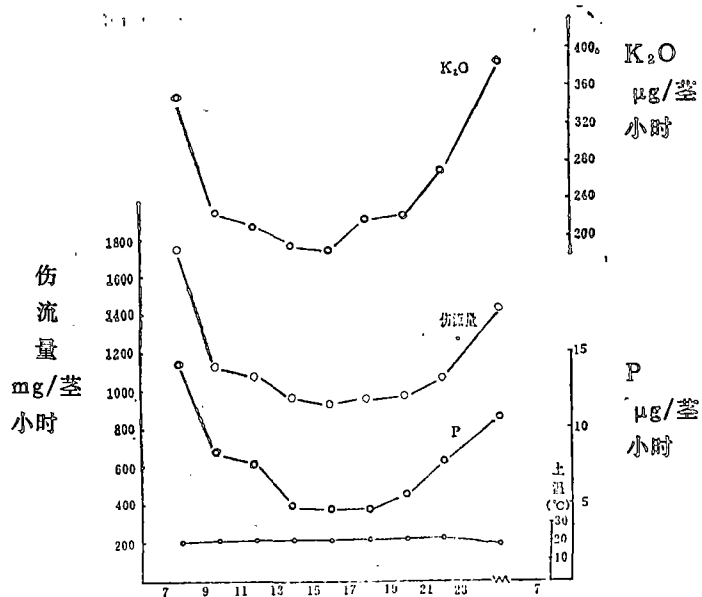


图1 伤流及其内含物的昼夜变化

性发生有规律的昼夜变化，通常是白天根系对液态水通过的抵抗性比夜间小，故白天伤流量要多些。关于水稻白天的伤流量之所以低于夜间，则认为水稻是一种浅根性作物，白天温度较高，可能对其浮根的生长和吸收不利，故伤流量少；黄昏后土温下降，适于根系生长和生理活动，故夜间伤流量增多〔6〕。上述种种见解，均属推测，缺少直接的实验证据，似乎不能作为甘蔗伤流量昼夜变化规律的说明。我们认为，甘蔗原产于热带，植株高大，生长于炎热季节的植株，白天蒸腾失水甚多，夜间蒸腾弱，加强主动吸水能力，利于体内水分的恢复和保持，故从深夜一直至次日上午保持着较高的主动吸水能力，可能是其长期适应炎热生长环境的结果。当然，关于这种表现的生理生化机理，目前仍不了解，有待今后的研究。

表2 白天和夜间伤流量及其内含物转运量的比较

时间	伤流量		无机磷转运量		K ₂ O转运量	
	mg/12小时, 茎	mg/小时, 茎	μg/小时, 茎	μg/小时, 茎	μg/12小时, 茎	μg/小时, 茎
白天	13780	1149	88.86	7.4	2832	286
夜间	15460	1290	111.20	9.2	4050	388

甘蔗伤流液中无机磷和氧化钾上运量的昼夜变化与伤流量的变化趋势相同。中国科学院植物生理研究所测定水稻伤流液中磷含量的昼夜变化，也获得白天低，早、晚高的相似动态〔6〕。Курчатов指出〔7、8〕，植物根系吸入无机磷之后几秒钟即参与氧化磷酸化反应，形成ATP，与此同时，ATP几乎以同样速度被消耗于糖类的活化和氨基酸的活化等反应中，然后，磷通过薄壁组织以无机磷形式分泌到导管中，随上行液流而被运输。本实验的结果，证实了甘蔗与其他植物一样，体内的无机磷能够随木质部液流上运，不过，甘蔗根系主动促进此种途径运输的推力是夜间大于白天，而支配这种昼夜变化规律的内在机理，可能与水稻相似。

Трыбачкова 等研究过向日葵伤流液中钾含量的昼夜变化^[14]，发现与伤流量的变化基本一致，白天多，夜间少，伤流液中钾含量（ $\mu\text{g}/\text{株}, \text{小时}$ ）的最高值与最低值竟相差约20倍，这种情形与我们的结果不同（图1），甘蔗伤流液中钾的上运量是夜间多于白天，且最高值与最低值相差约一倍，说明甘蔗在一昼夜内通过木质部液流把钾运往地上部分，若不受蒸腾拉力的影响，则能以较稳定的速率来进行。

由于在一昼夜中甘蔗伤流量及伤流液中无机磷、钾含量均以午前和夜间九时以后较高，故若收集伤流液或作P、K分析，判断根系活力，则以早晨进行测定比较适宜。

三、伤流液中氨基酸的分析

1975年8月和12月分别测定了春植蔗不同品种伤流液中氨基酸的种数，并对其含量作了相对比较，结果见表3。

从表3看出，在相同的生长时期中，台糖134与桂农71-3伤流液中氨基酸的种数相同，只是8月份测定时桂农71-3伤流液中的天冬氨酸、酪氨酸、亮氨酸、组氨酸和甘氨酸在数量上稍少于台糖134。8月的测定与12月相比，两个品种伤流液中氨基酸的种数都起了变化，12月份的伤流液中未发现天冬氨酸、缬氨酸、组氨酸和甘氨酸，而出现了丝氨酸。关于伤流液中氨基酸的微量分析，不同的研究者对其他作物作了不少报道^[8, 11, 12]。一般来说，伤流液中氨基酸的种数因作物、同一作物不同生育时期、同一生育时期的不同环境条件以及在一昼夜的不同时间所收集的伤流液，都存在很大差异，氨基酸的种数可少至四种，多则达十几种。在甘蔗方面虽未见这类报道，但有人指出^[10]，蔗株处于田间条件下，根系所同化的N素绝大部分在转移之前被转变成有机N化物，可经木质部运输。天冬酰胺是根木质部中占优势的氨基化物。本实验的结果亦表明，天冬酰胺是蔗根木质分泌物中较丰富的氨基化物，说明蔗根吸收的N素以天冬酰胺的形式随木质部液流上运，是十分明显的。

表3 伤流液中氨基酸的分析

品种	取样日期	脯氨酸	天冬氨酸	天冬酰胺	谷氨酸	丙氨酸	酪氨酸	缬氨酸	亮氨酸	组氨酸	丝氨酸	甘氨酸
台糖134	8月25日	+++	++	++++	++	+++	++	++	+++	+++		++
桂农71-3	"	+++	+	++++	++	+++	+	++	+	+		+
台糖784	12月6日	++		++++	++	+++	++		+		++++	
桂农71-3	"	++		++++	++	+++	++		+		++++	

° +→++++表示少→多

四、伤流液中保绿物质的检验

1977年10月，收集春植黑皮果蔗的伤流液数10毫升，为了检验其中保绿物质是否存在，分别与激动素和蒸馏水作比较，进行试验，结果见图2。

图2表明，激动素（5mg/L）对离体蔗叶具有较明显的保绿效应，处理四天，蔗叶圆片的叶绿素含量仍保持最初含量的28.6%，这与Osborne对苍耳的研究结果相似^[21]。甘蔗伤流液的保绿能力介于激动素和蒸馏水之间。自从1961年发现细胞分裂素能维持衰老叶中的叶绿素和蛋白质合成以来，关于伤流液中保绿物质的研究已有很多报道。Кулаева^[11]曾用菸草伤流液涂于菸叶上发现有保绿效应。Kende^[20]也曾证明向日葵根排出物中含有延缓植

物叶片衰老的物质，其作用如激动素一样。Weiss^[17]从向日葵根尖成功地提取了两种细胞分裂素。金成忠等认为^[2,4]，植物根系对地上部分的影响与其合成氨基酸和生理活性物质上运有关，并指出南瓜、丝瓜伤流液中的保绿物质是核苷酸和核酸。韩碧文等认为^[5]，玉米伤流液中的保绿物质是嘌呤碱。近年，John G. Torrey 的综合报道指出^[17]，根系是某些激素合成的场所，肯定了细胞分裂素由根合成后常常通过木质部汁液和有时经韧皮部运至地上部分，对叶中叶绿素含量的保持、蛋白质合成和CO₂代谢等方面均有重要影响。从本实验结果看，甘蔗伤流液中也含有保绿物质，可能是细胞分裂素或其类似物起了作用。至于甘蔗伤流液的保绿效应不及激动素的原因，是否像玉米、蒿柳 (*Salix viminalis*) 和其他一些植物那样，根尖和木质部排出物中含有脱落酸或其类似物^[17]，从而降低了保绿物质所发挥的保绿效应，或者本实验条件下甘蔗伤流液中保绿物质甚少的缘故，对此不能肯定，有待继续研究。

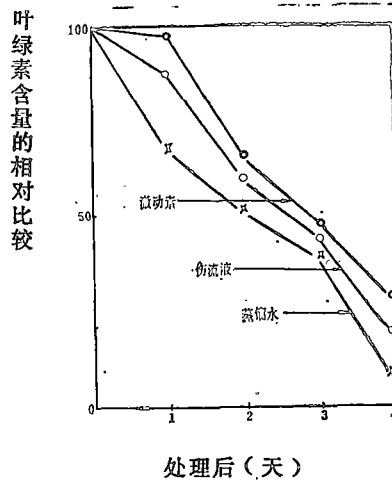


图2 离体蔗叶叶绿素含量的变化

五、倒伏对根系活力和蔗茎产量、品质的影响

1974年9月下旬，冬植粤糖57/423丰产区发生部分倒伏，为了研究倒伏对根系活力和蔗茎产量、品质的影响，将部分已倒的蔗株立即搭架扶起，另一部分不作处理，收获前数日测定了不同处理的根系活力，调查了若干经济性状，结果见表4。

表4 倒伏对根系活力及茎重、品质的影响^o

测定项目 倒伏或扶起	株高 (cm)	伤流量		伤流液中无机磷和钾转运量				茎径 (cm)	锤度	空蒲节间 (%)	单茎重	
		mg/茎, 小时	对比	P		K ₂ O					斤	对比
		μg/茎, 小时	对比	μg/茎, 小时	对比							
正常植株	374	1353	100	20.3	100	1082	100	3.62	20.18	20.7	6.32	100
倒后扶起	386	1267	93.6	19.0	93.5	760	70.2	3.35	18.73	34.0	6.20	98.1
倒后不扶	371	1253	92.6	5.01	24.7	564	52.1	3.31	13.87	55.0	5.78	91.6

^o 经济性状的调查数据是180~150茎的平均值

从表4可见，倒伏对茎重和品质都有明显影响。倒伏的单茎重比正常植株下降8.4%，锤度减少6.31，空蒲心节间百分率增加一倍以上。其原因除倒伏植株利用阳光进行光合作用受到严重妨碍外，还与根系活力下降有关。多年来已积累的资料确认，磷和钾是甘蔗和其他植物促进光合、促进碳水化物的转移与积累最为重要的元素^[7、18、19]，在甘蔗整个生长过程中P、K不断地被吸收，并积累于体内，这是甘蔗营养生理的基本特点之一，因此，蔗株在整个生长过程中顺利地由外界获得P、K的持续供应，是其正常生长、高产优质的必要条件。最近，Kazuro指出^[10]，植物根系是否从外界吸收了磷，能迅速地由伤流液中的含磷数量上反映出来。我们认为，磷是这种情况，而作为以阳离子形式被吸收和容易移动的钾，情况

也应如此。表 4 表明, 倒伏蔗株伤流液中磷含量仅及正常植株的四分之一, 钾大约相当于正常植株的一半, 说明根系吸收磷、钾的能力急剧地降低了, 据此可以认为, 倒伏蔗株在收获前的几个月里, 不能从土中吸收比较适量的 P、K 供应地上部分, 必然影响整个植株糖的形成、运转和积累, 这可能是品质下降颇为重要的因素之一。由此看来, 生产上分析甘蔗倒伏对产量和品质的不利影响时, 既要考虑地上部分生理活动受到的阻碍, 还要注意根系生理活动遭受的危害。

倒后立即扶起, 对甘蔗的重量和品质的保持有良好效果, 已扶起的蔗株, 除钾的转运量与正常植株存在较大差距外, 其他几项经济指标均与对照接近, 这与根系活力得到较好的恢复有关。因此, 在生产上加强田间管理, 尽量减少倒伏, 是十分重要的, 当倒伏一旦发生, 须立即扶起, 以免造成损失。

根据本实验的全部结果, 作综合考虑, 甘蔗伤流液的收集物和分析的方法, 基本上能反映蔗根处于正常或异常条件下的生理状况, 所获资料在一定程度上从一个侧面说明营养、生长、单茎重和品质等方面的问题, 这个方法简单易行, 希望有关科研和生产单位, 作进一步的探讨和研究。

参 考 文 献

- [1] 金成忠等, 1959; 作物根系活力指标的伤流液简易收集法, 植物生理学通讯, 4: 51—53
- [2] 金成忠, 1963; 根系对叶生长和活力作用的物质基础, 植物生理学通讯, 1: 1—6
- [3] 王道钧等, 1965; 植株伤流的初步观察, 植物生理学通讯, 4: 1—4
- [4] 金成忠等, 1964; 根系伤流液及其有效成分对离体叶片活力维持的效应, 植物生理学报, 1: 1—18
- [5] 韩碧文等, 1966; 玉米伤流液中生理活性物质的研究, II、伤流液中保绿活性物质的分离与鉴定, 植物生理学报, 175—181
- [6] 中国科学院植物生理研究所水分组, 1966; 水稻伤流的研究, 211—223
- [7] 库尔萨诺夫, 1963; 植物生理过程的内部机理与植物栽培学中的新原理, 生物科学动态, 第 4 期
- [8] 库尔萨诺夫, 1963; 离子初级同化作用的新陈代谢和细胞载体理论, 生物科学动态, 第 8 期
- [9] 广东农林学院, 1974; 《甘蔗生物学》
- [10] Казуто О.Н. и Туева О.Ф., 1977; Влияние корней на фосфорный обмен листьев при последствии фосфорного голодания. Физиология растений, (24) 351—356
- [11] Кулаева О.Н., 1962; Влияние корней на обмен вещества листьев в связи с проблемой действия лист кинетика. Физиология растений, (9) 229—239
- [12] Мокронос А, Л Иванова и В. Зольникова, 1959; Синтез аминокислот в корнях картофеля в разные часы суток и при разных фотопериодах. Физиология растений, 6 158—164
- [13] Сус Н.Н. 1957; Использование интенсивности плача растений для оценки мощности корневых систем. Физиология растений, (3): 258—265
- [14] Трубецкова О.М. и Н.И. Жирнова, 1959; Суточный ритм подачи калия корневой системой и надземные органы растений. Физиология растений, (2) 129—137
- [15] Трубецкова О.М. и Н.И. Данилова, 1963; Суточный ритм скорости плача растений. “Водный режим растений В С обменом веществ и продуктивностью” Изд АН СССР, 139—145
- [16] Evans L T, 1975; “Crop Physiology” Cambridge University Press, P 51—72
- [17] John, G. Torrey, 1976; Root hormones and plant growth Ann. Rev. Plant Physiol, 27: 435—59
- [18] Hartt, C.E., 1970; Effect of K deficiency upon translocation of C in detached blades of sugar cane. Plant Physiol., 45: 183—187
- [19] Humbert R P, 1963; “The growing of Sugar cane”. Elsevier Publishing Company, P.156—173
- [20] Kende H, 1964; Preservation of chlorophyll in leaf section by substances obtained from root exudate. Science, 145: 1066—1067
- [21] Osborne D J, 1962; Effect of kinetin on protein and nucleic acid metabolism in xanthium leaves during senescence. Plant Physiology, 37: 595—602
- [22] Paul J Kramer, 1974; Fifty years of progress in water relations research, Plant Physiology, 54: 463—471