

作物科学

Crop Science

中译本

2

(试刊)

科学技术文献出版社重庆分社

目 录

高粱缺水植株的碳素平衡.....	D. R. Wilson等(1)
玉米C群雄性不育细胞质内的DNA异质性.....	D. R. Pring(10)
夏威夷大豆特性的季节变异.....	Benjamin H. Beard等(13)
大豆基因位点Sp ₁ 编码β-淀粉酶.....	D. F. Hildebrand(16)
秧苗长势与半矮生性、早熟性、茸毛性密切相关的水稻系统的关系.....	K. S. McKenzie(21)
无蜡型(<i>bm bm</i>)高粱与抗麦二叉蚜的关系.....	R. A. Peiretti(27)
小麦抗瘿蚊基因间的相互关系.....	Nancy B. Stebbins 等(33)
γ射线剂量与奥古氏钝叶草(<i>St. Augustinegrass</i>)的诱发突变育种.....	Philip Busey(39)
燕麦对莠去津的反应.....	M. A. Brinkman(44)
向日葵分枝和不分枝近等基因恢复系的瘦果特征和配合力的比较.....	Walter Dedio(52)
田间栽培大豆叶的形态和解剖的季节变化.....	D. G. Lugg等(54)
大田栽培的大豆品种从开花后到衰老叶片的二氧化碳交换率.....	T. R. Sinclair(62)
关于甜玉米近等基因系水溶性多糖和淀粉的基因效应.....	R. M. Soberalske等(69)
春黑麦自交系的耐铝性.....	Andrej Aniol等(76)
窄行棉花冠层内碳的源-库关系.....	T. A. Kerby等(81)
钾肥对苜蓿固氮作用和根瘤氮素代谢酶的影响.....	Stanley H. Duke等(89)
提高一年生多花黑麦草发芽速度的轮回选择.....	L. R. Nelson(99)
苇状羊茅综合系的基因型与环境互作及其牧草产量的稳定性分析.....	Hung T. Nguyen等(101)
衰老期间大豆叶片的光合作用、二磷酸核酮糖羧化酶、蛋白水解活性和超微结构的变 化.....	V. A. Wittenbach等(107)
氮肥和不同收获期对几个高粱育种系的氢氰酸潜在量的影响.....	George G. McBee等(115)
机械损伤和杀菌剂处理棉籽对发芽和成苗的影响.....	Janet A. Green等(120)
缺磷、根瘤形成和氮源对大豆根的生长和干物质分布的影响.....	K. G. Cassman等(126)
高秆和半矮秆冬小麦品种在旱地条件下对土壤水分的利用.....	Fredrick S. Holbrook等(133)

改良玉米群体的籽粒产量和对叶斑病及茎腐病的抗性.....	J. W. Miles等(137)
有限生长和无限生长的大豆品种在混作和间作中的基因型间的竞争.....	Sumarno等(144)
大豆对锈病的抗性及其遗传方式.....	K. R. Bromfield(149)
光合产物对糖甜菜贮藏根内分配的影响.....	Roger Wyse(153)
纯育硬粒野豌豆的选择品系.....	E. D. Donnelly(157)
大豆亲本对F ₁ 种子大小的影响.....	T. C. Kilen(160)
用酶电泳法鉴定苜蓿植株.....	Carlos F. Quiros(163)
高粱发芽生长期可溶性碳水化合物的分布和转化.....	R. J. Newton等(166)
根瘤菌系 (<i>Rhizobium japonicum</i>) 与大豆寄主基因型不亲和性反应的重要性.....	
.....	T. E. Devine等(172)
比马棉能育性强化因子转移到具哈克尼西棉胞质的陆地棉中的遗传特性.....	
.....	R. H. Sheetz等(177)
第四国际冬小麦生产性鉴定圃12个品种共有的一个抗小麦秆锈基因.....	
.....	D. V. McVey(183)
亚有限与无限结荚习性大豆品系的对比试验.....	J. R. Wilcox(186)
关于分析高粱籽粒蛋白质的小区取样法.....	W. M. Ross等(190)

作物品种登记

苜蓿 (3), 大麦 (5), 裂稈草 (1), 亚麻 (3), 水稻 (1), 大豆 (3).....	
.....	D. E. Brown等(193)

种质登记

苜蓿 (1), 油菜 (2), 棉花(14), 小麦(10), 花生 (1),	W. H. Isom等(203)
---	------------------

亲本系登记

珍珠粟亲本系(1)和珍珠粟栽培品种(1).....	G. W. Burton(211)
---------------------------	-------------------

本期译自《Crop Science》1980年20卷第2期(3—4月号)

高粱缺水植株的碳素平衡

D. R. Wilson, C. H. M. van Bavel 和 K. J. McCree*

摘 要

通过实验以测定高粱完整植株中水分欠缺是怎样影响其光合底物的生成率和利用率。光合底物的利用以两个参数描述,这两个参数是通过对24小时内进出植株的碳流量作分析而估测的,即用于生成植株新的干物质过程中的底物转换率(Y_g , 生长效率)和维持植株现有物质时每单位干物质每日的底物需要量(m , 维持系数)。

对8叶期的高粱植株作了测量,这时,白天的叶片水势为-1.4—-24.6巴之间,晚上的叶片水势为-1.0—-10.9巴之间。在气温30℃,露点22℃和光合光子通量密度 $1800\mu E \cdot \text{秒}^{-1} \cdot \text{米}^{-2}$ 的同化室内测定 CO_2 交换率(CER)。定期测量叶片水势,每次实验结束时,测定叶面积及植株干重。

水分欠缺不影响 Y_g 值,其平均值为 0.71 ± 0.02 ,同过去报导的不缺水植株的测定值不相上下。当水分欠缺更严重时, m 从60下降到30毫克·克 $^{-1} \cdot 24\text{小时}^{-1}$,从这些实验还不能确定 m 下降的原因。

水分欠缺使植株干物质积累率大大降低,产生的原因有二:(1)叶面积指数减小;(2)光合作用引起的单位叶面积和光合底物生成率下降。

水分欠缺使夜间植物总的碳流量下降,这主要是因为有效底物量减少,可将碳流量分成生长和维持两个分量表示。碳流量减少58%中,有22%是由于维持分量的减少,36%是由于生长分量减少引起的。

水分欠缺减少植株的干物质积累量,简而言之,这可能是由于光合底物生产量减少,或是由于随后生长和维持过程中底物利用率发生改变所致。水分欠缺引起光合作用速率下降已有充分证据(Begg和Turner, 1976; Boyer, 1976; Hsiao, 1973; Slavik, 1975),主要原因为:(1)气孔闭合;(2)叶肉阻力增大;(3)叶面积伸展速度下降,从较长期的观点看,这种下降会阻碍整株植物的光合能力。相形之下,不大注意水分欠缺可能影响光合底物的利用率,尽管底物的生产量和利用量对确定整株植物的干物质积累量是同样重要的(Bassham, 1977; Evans, 1975)。

底物的利用以两个参数表示:(1)生长转换效率,即用于生长过程中每单位底物碳

的新的植株干物质产量(按碳当量计);(2)维持系数,即用以维持每个单位现有干物质碳的底物碳使用率(Thornley, 1976)。两个参数均可从24小时碳素平衡分析中估测出来。碳素平衡分析是对交替出现的光、暗期间进出完整植株的碳流量应用连续方程进行(Thornley, 1970, 1976)。晚上的碳流量可分为归因于生长和维持过程的两个分量(McCree和Kreovich, 1978; McCree和Silsburg, 1978)。生长转换效率以生长分量和24小时的净增益计算,维持系数以维持分量和植株干重计算。

生长效率和维持系数可用于植株生长模型,以定量地表示底物生产率,干物质积累率及碳损失率之间的关系(De Wit等, 1978;

*分别为得克萨斯 A & M 大学土壤与作物科学系研究生、教授和副教授。

McCree和Van Bavel, 1977; Moldau和Karolin, 1977; Thornley, 1970, 1976, 1977)。

如果一个模型要能准确地模拟缺水植株的生长状况, 必须知道上述两个参数受到的影响有多大。在现有的模型中, 由于尚未发现相反的例证, 故假定水分欠缺不影响底物的利用(如McCree和Van Bavel, 1977)。

关于植株水分欠缺对生长效率和维持系数的影响, 尚未见有发表的报告。生长效率的变化意味着正在形成的干物质化学组成的许多变化或合成生化途径的重大变化。Penning de Vries等(1974)认为, 后者在通常所见的植物水势范围内不会改变。目前, 已经发现生长效率对诸如温度(McCree, 1974; McCree和Silsbury, 1978)、光周期(Hansen和Jensen, 1977; McCree和Kresovich, 1978)和每日光子通量分布等环境条件的变化是不敏感的。由此推断, 生长效率可能不受水分欠缺的影响。

按照Penning de Vries (1975)的看法, 维持作用包括维持酶库、细胞结构、代谢产物和离子梯度等过程, 以及在变化的环境中把细胞维持为活性单位的生理适应性过程。他认为, 水分欠缺引起植株总的代谢活力降低, 从而减少用于维持作用的底物需要量。然而, 也可以推理, 水分欠缺使底物的能量需要增加, 从而增加维持需要量, 这些能量是用于蛋白质合成的(合成的蛋白质取代那些因水势降低造成的变性蛋白), 以及有效地维持细胞的离子浓度。植株水势降低时, 细胞溶液中溶质增加而出现离子浓度上升。这一适应机制(所谓渗透调节机制)(Begg和Turner, 1976), 使其在低水势条件下保持正的压力势分量。虽然水分欠缺看来可能影响维持系数, 但这种影响的本质还不能从现有资料确定。

本文介绍了确定水分欠缺是否影响整株植物的生长效率和维持需要量的实验结果。实验是高粱植株在8叶期以各种不同程度的水分欠缺处理进行的。

材 料 和 方 法

高粱(品种: RS610)植株在多孔粘土介质("Absorb-N-Dry")中播种生长, 已发现多孔粘土介质极宜于试验植株生长(Van Bavel等, 1978)。介质装在直径0.27米, 深0.19米的圆柱形黑色塑料钵内。在不同实验中, 钵内泥层厚度分别为0.09、0.12和0.15米, 泥土的体积则相应为5.2、6.9和8.6升。出苗后立刻间苗, 每钵留8株, 株距相等。介质表面复盖有黑色聚乙烯以防止藻类生长。

植株在环境受控制的室内生长, 气温30℃, 露点15℃, 600ppm和12小时的光周期, 植株顶部的光合光子通量密度(PPFD)为800—900 $\mu\text{E}\cdot\text{秒}^{-1}\cdot\text{米}^{-2}$ 。植株在室内生长17天, 在此期间, 它们达到了8叶期(第三生长期; Vanderlip和Reeves, 1972), 株高0.35米。每天施一次-0.66巴渗透势的改良Hoagland氏营养液, 直至要造成水分欠缺时为止。由于每钵多孔粘土装放多少和缺水在哪一天出现都不同, 这样在第18天, 各个钵内的植株达到了不同程度的水分欠缺。植株的缺水程度可视为实验处理, 但不能进行完全的重复实验, 因此, 选择了多孔粘土体积与缺水持续时间不同的组合, 以得到范围广泛的缺水资料。

从第18天开始, 所有钵子都移入同化室, 植株密度为140株/米², 这样, 每株的株冠充满整个生长室的截面积。干重范围为每株0.5—1.4克或每平方米生长室截面15—38克碳。

Fernandez (1977)设计制作的同化室与McCree (1974)设计的相似, 用开放系统红外气体分析法连续测量整株植物(包括根)的CO₂交换率(CER), 其气温30.0±0.2℃, 露点22℃左右, 光照周期12小时。植株顶部的光合光子通量密度为1800 $\mu\text{E}\cdot\text{秒}^{-1}\cdot\text{米}^{-2}$ 左右, 因植株高度的微小变化而略有不同。光源是一个400W金属卤灯。光照期间以每

分钟20.4升, 黑暗期间以每分钟13.5升的流量把新鲜空气泵入130升的同化室。不控制CO₂浓度, 它与注入空气(一般为330ppm)相差不超过50ppm(光照期)与10ppm(黑暗期)。这些变动不影响分析结果, 因为分析依赖于所有交换的CO₂总量。

碳素平衡测定

从植株移入同化室起, 连续记录该室每单位截面积的CER(CO₂交换率), 计算白天12小时(D)吸收与晚上12小时(N)释放的CO₂积累总量, 所有CO₂量均换算成碳当量。

在开始两天内, 让植物达到由N/D的恒定比率所确定的稳态。我们假设, 光合作用产生的所有底物此时已在每个24小时周期内全部用于生长过程或维持过程, 在贮积量方面没有净变化(Thornley, 1976)。

在碳素平衡分析中, 需要有生长率不同的二个24小时周期的CER数据, 用来区别生长分量和维持分量(McCree和Silsbury, 1978)。第一组数据(D₀, N₀)是在第三天得到的, 此时植物处于稳态。在紧接着第三天光照期后的60小时连续黑暗期之末, 记录了第二组数据(D_∞, N_∞), 在此期间, CO₂外流率衰减到一恒定值。N_∞作为最后12小时黑暗期的积累外流量, D_∞表示-N_∞。按McCree和Silsbury(1978)的做法, D₀, N₀, N_∞取正数, D_∞为负数。

所有CER测定完以后, 测定各叶片的长度及宽度最大值以估计总叶面积。各叶片面积由下式计算:

$$A = 0.62L \cdot B \quad [1]$$

式中, A = 叶面积(m²); L = 叶长(m);

B = 叶宽(m)

在初步实验中, 测定了高粱植株的转换因子值, 在此实验中, 叶面积是用叶面积仪测定的。Hill和Voigt(1978)发现, 在32种普通高粱基因型中, 这个因子未受水分欠缺的影响。

然后, 在水中反复清洗, 把根与多孔粘

土分开, 并在85℃下把植株烘干至恒重, 每钵干重换算成每单位同化室截面面积的碳当量单位(W)。碳含量假定为39% (McCree和Troughton, 1966)。

生长效率与维持系数由下列24小时碳素平衡分析公式计算(McCree和Silsbury, 1978; Thornley, 1976),

$$\Delta W = Y_g(\Delta S - \Delta Sm) \quad [2]$$

式中, ΔW = 干物质碳日积累量(克碳·米⁻²·24小时⁻¹); ΔS = 光合作用产生的底物碳日生产量(克碳·米⁻²·24小时⁻¹); ΔSm = 维持过程的底物碳日利用率(克碳·米⁻²·24小时); Y_g = 生长转换效率, 即用于生长过程中单位底物碳的干物质碳生产量。

Thornley(1976)根据实验证明(McCree, 1970, 1974), 用下式表示经验维持系数(m)

$$m = \frac{\Delta Sm}{W} \quad [3]$$

式中, W = 植株干重量(克碳·米²)。

维持系数m(以每24小时为一期的速率常数)是植物在一个24小时的光、暗期里维持其干物质所损耗的碳的指数。

Y_g与m的值由实验数据, 方程[2]、[3], 遵照McCree和Silsburg(1978)提出的方法计算。他们认为, 在每24小时周期内, 生长与维持的碳损耗量在白天与晚上是同样的。因此:

$$\Delta S_0 = D_0 + N_0 \quad [4]$$

$$\Delta S_{\infty} = D_{\infty} + N_{\infty} = 0 \quad [5]$$

$$\Delta W_0 = D_0 - N_0 \quad [6]$$

$$\Delta W_{\infty} = D_{\infty} - N_{\infty} = -2N_{\infty} \quad [7]$$

然后, 把ΔW与ΔS的两组值代入方程[2], 消去ΔSm可得Y_g:

$$\begin{aligned} Y_g &= \frac{\Delta W_0 - \Delta W_{\infty}}{\Delta S_0 - \Delta S_{\infty}} \\ &= \frac{(D_0 - N_0) + 2N_{\infty}}{D_0 + N_0} \end{aligned} \quad [8]$$

把ΔW_∞和ΔS_∞(=0)代入方程[2], 求m,

$$\Delta Sm = \frac{\Delta W_{\infty}}{Y_g} \quad [9]$$

由方程[3]得:

$$m = -\frac{\Delta_{\infty} W}{Y_g \cdot W} = \frac{2N_{\infty}}{Y_g \cdot W} \quad [10]$$

水势测定

从第3天起,定期测量每钵有代表性叶样的水势。用双端切叶热电偶干湿仪(Brown, 1976; Johnson和Brown, 1977)估计离生叶片的水势。每个干湿仪各自对照已知的重量克分子浓度的NaCl溶液调整好。在30℃的恒温水浴锅中,温度与蒸气压平衡条件下用装有样品的密闭干湿仪进行所有的校正和测量。每次取样时,用三个干湿仪作水势估测,每个干湿仪装有三个直径为0.6厘米的叶片,这些叶片是从试验植株上迅速取下并密封在同化室内的。初步实验表明,叶片的间歇性取样对整株植物的CO₂交换率测定没有影响。不可能对每一钵内所有叶片的水势全部测量,尽管叶片之间可能存在差别,特别是在光照期间。每次取样时,在不同株的相应叶位上取九片叶样。在光照期,总是取受光照的叶片。测量力求全面,但仍然不能排斥在叶片水势测定过程中有一些不定因素。

每次测定CER时,无论是光照期还是黑暗期,叶片水势几乎总是一个常数,因此,取平均值代表每钵植株的每个时期。

已发现,用干湿仪得出的估测值不能精确地代表叶片原处的水势。这一点,由于已经观察到在连续黑暗中水分欠缺植株的叶片水势显著高于多孔粘土的水势,根据含水量和Van Bavel等(1978)确定的关系推导而愈加明显。尽管如此,当在各个实验中用压力室测定相似植株上的叶片水势时,在连续黑暗中叶片与多孔粘土两者的水势近似平衡。由此推断,压力室估测原位水势要精确些。

因为压力室技术不适合于本实验,所以,在各个实验中使用两种技术对高粱植株的相同叶片作水势测量。比较结果呈线性关系:

$$Y = 1.98X + 7.93 (r^2 = 0.84) \quad [11]$$

式中, Y = 压力室叶片水势(巴)

X = 干湿仪叶内水势(巴)

高水势下,干湿仪测定值比压力室测定值更趋于负值,但当水势下降时,情况则相反。Rithie和Hinckley (1975)查阅了有关文献资料,发现这种类型是常见的。

方程[11]把所有干湿仪测得的叶片水势观察值换算成压力室相应的值。这些结果与碳素平衡分析结果相关。

结果和讨论

植株的水分状况

24钵植株的实验细节以及得到的主要数据均列于表1。

白天平均叶片水势范围从-1.4巴(当植株根于体积最大的多孔粘土中并断水6天时)到-24.6巴(当植株根于体积最小的多孔粘土中并断水9天时)。夜间叶片水势范围要小得多。其值从-1.0到-10.9巴。这些值可与生长于受控制环境中其他植株所得的值相比(Beardsell和Cohen, 1975; Boyer, 1970a, 1970b; Brix, 1962; Sanchez-Diaz和Kramer, 1971)。在某些植株中,缺水较为严重,但CER的测定完成以前,就严重地伤害了植株。

假定叶片的白天平均水势与晚上平均水势代表植株在各自12小时周期的水势值。显然,由于水势是环境和生理因素的复杂而不变化的函数,这个假设过分简单化了。然而,简单化对于说明碳素平衡参数(在12小时一次的基础上计算得来的)与典型的植株缺水测定值间的相互关系是必须的。

水分欠缺与碳素平衡

当白天平均叶片水势下降时,每单位干重的干物质碳日积累量也下降(图1a)。下降的主要原因是单位干重的底物碳日产量减少(图1b)。这一结果与先前关于白天进入植株的碳流量对水分欠缺反应的报告实质上是-致的(例如,Boyer, 1970a, 1970b, Brix, 1962)。然而,有关数据不能进行直接比较,因为在其它报告中,晚上碳素损失未

加考虑。

底物生产量下降主要有两个原因：第一，随着水分欠缺期延长，叶面积减少50%，从而使每株的光合能力下降。这种减少归因于叶片的伸展受到了限制。第二，随着叶片水势下降，单位叶面积的底物生产量也减少了（图1c）。这种下降与叶片阻力从200秒·米⁻¹提高到950秒·米⁻¹（根据蒸腾率计算）（数据未列出）有密切关系。该结果显示，上述下降主要由于部分气孔闭合所致。

生长效率（Yg）在实验所达到的水势范

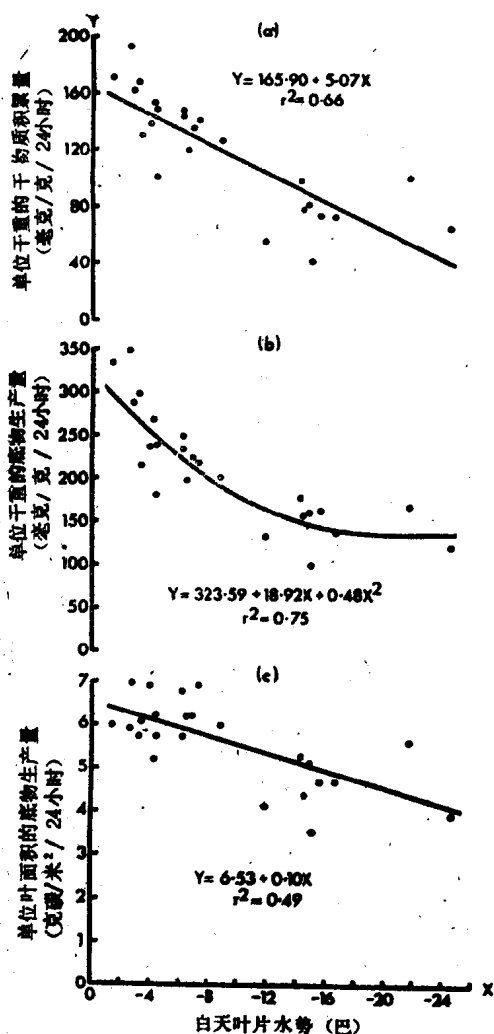


图1 白天平均叶片水势与(a)单位干重的干物质积累量 ($\Delta W_0/W$)，(b)单位干重的底物日生产量 ($\Delta S_0/W$)，(c)单位叶面积的底物日生产量之间的关系

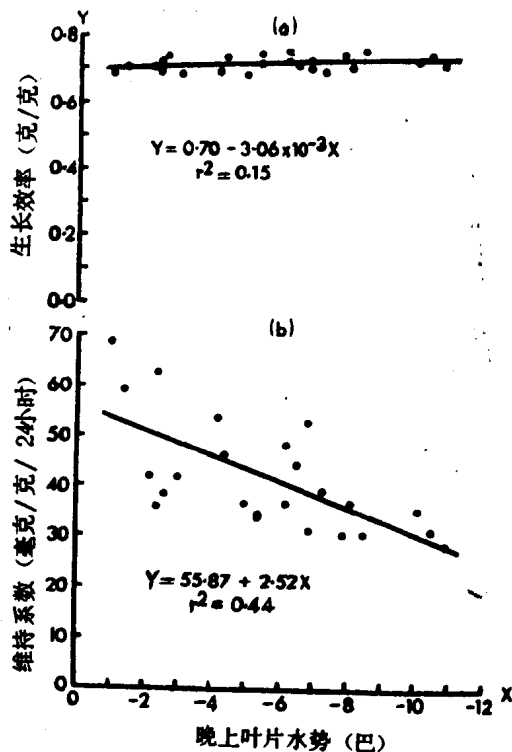


图2 晚上平均叶片水势与(a)生长效率，(b)维持系数之间的关系

围内并不变化（图2a）；用于生长过程中每1克底物碳合成新的干物质碳 0.71 ± 0.02 克。显然，水分欠缺并不影响生物合成途径，或形成干物质的化学组成（Penning de Vries等，1974；Yamaguchi，1978）。这个结果对先前关于其他环境条件的变化对Yg并不产生多大影响的报告作了补充（Hansen和Jensen，1977；McCree，1974；McCree和Kresovich，1978；McCree和Silsbury，1978；Wilson等，1978）。本实验得到的数值大小，与早先的不相上下，其变幅为0.66—0.78。

维持系数（m）随着晚上叶片水势下降而减小（图2b）。从这些实验未能断定造成减小的原因。由于干物质积累量随叶片水势下降而减少，图2数据支持积累量会影响维持分量的看法。Yamaguchi（1978）和De Wit等（1978）提出存在上述关系的假设，McCree和Kresovich（1978）也对此进行了报导。

表1列示的 m 值,与先前报导的其他值比较是偏高的。Fernandez (1977)报导,在30℃下高密度种植的高粱植株的 m 值为17—23毫克·克⁻¹·24小时⁻¹, McCree (1974)发现高粱植株在30℃时的该值约为15毫克·克⁻¹·24小时⁻¹。McCree (1974)发现高粱植株在30℃时的该值约为15毫克·克⁻¹·24小时⁻¹。然而,据目前报导,在30℃下 m 值较高的其他种:向日葵 (*Helianthus annuus* L.) 为49毫克·克⁻¹·24小时⁻¹ (Penning de Vries等, 1974; Penning de Vries, 1975) 白三叶草 (*Trifolium repens* L.) 为36—60毫克·克⁻¹·24小时⁻¹ (McCree 和 Kresovich, 1978; McCree 和 Silsbury, 1978), 地下三叶草 (*Trifolium subterraneum* L.) 为48毫克·克⁻¹·24小时⁻¹ (McCree和Silsbury, 1978)。 m 值可能随株龄而变化。据一些初步实

表1列示的 m 值,与先前报导的其他值比较是偏高的。Fernandez (1977)报导,在30℃下高密度种植的高粱植株的 m 值为17—23毫克·克⁻¹·24小时⁻¹, McCree (1974)发现高粱植株在30℃时的该值约为15毫克·克⁻¹·24小时⁻¹。McCree (1974)发现高粱植株在30℃时的该值约为15毫克·克⁻¹·24小时⁻¹。然而,据目前报导,在30℃下 m 值较高的其他种:向日葵 (*Helianthus annuus* L.) 为49毫克·克⁻¹·24小时⁻¹ (Penning de Vries等, 1974; Penning de Vries, 1975) 白三叶草 (*Trifolium repens* L.) 为36—60毫克·克⁻¹·24小时⁻¹ (McCree 和 Kresovich, 1978; McCree 和 Silsbury, 1978), 地下三叶草 (*Trifolium subterraneum* L.) 为48毫克·克⁻¹·24小时⁻¹ (McCree和Silsbury, 1978)。 m 值可能随株龄而变化。据一些初步实

m 值可能随株龄而变化。据一些初步实

表1 24钵植株的缺水持续期、多孔粘土体积、晚上与白天的平均叶片水势 (DLWP 和 NLWP)、以碳当量计算之整株干重 (W)、干物质碳的日积累量 (ΔW_0)、底物碳生产量 (ΔS_0)、生长转换效率 (Y_g) 及维持系数 (m)

缺水持续时间	多孔粘土体积	白天叶片平均水势	晚上叶片平均水势	W	ΔW_0	ΔS_0	Y_g	m
天数	升	——巴——		克碳·米 ⁻²	克碳·米 ² ·24小时 ⁻¹	克·克 ⁻¹		毫克·克 ⁻¹ ·24小时 ⁻¹
2	6.9	- 4.2	- 3.0	38.53	5.92	10.35	0.68	41.7
2	8.6	- 3.2	- 1.4	34.44	5.78	10.22	0.71	59.2
2	8.6	- 2.6	- 1.0	21.53	4.15	7.51	0.69	69.0
6	8.6	- 1.4	- 2.2	31.17	5.34	8.92	0.70	42.0
9	6.9	- 4.4	- 6.9	38.45	5.74	9.18	0.72	31.2
9	6.9	-15.7	- 4.2	25.41	1.91	4.13	0.69	53.9
9	5.2	-14.3	- 8.1	30.71	3.03	5.47	0.70	36.7
9	5.2	-16.7	-10.1	28.75	2.13	3.97	0.72	35.2
9	5.2	-21.8	-10.5	33.99	3.44	5.70	0.74	31.2
9	5.2	-24.6	-10.9	33.41	2.22	4.07	0.71	28.2
10	8.6	- 2.8	- 2.4	23.94	3.89	6.90	0.72	63.0
10	5.2	-14.5	- 6.5	23.31	1.85	3.65	0.71	44.1
10	5.2	-15.1	- 7.3	20.82	0.87	2.09	0.69	39.4
11	8.6	- 6.9	- 5.4	28.37	3.87	6.36	0.72	33.9
11	6.9	- 6.2	- 5.0	29.53	4.25	7.33	0.68	36.7
11	6.9	- 6.2	- 6.2	29.15	4.31	6.82	0.75	36.8
11	6.9	- 8.9	- 7.9	31.93	4.06	6.46	0.74	30.5
12	8.6	- 3.4	- 2.6	28.61	3.71	6.12	0.74	38.5
12	8.6	- 4.0	- 4.4	28.89	4.00	6.85	0.73	46.2
12	6.9	- 7.3	- 8.5	28.00	3.95	6.13	0.75	30.3
12	6.9	-11.9	- 6.9	20.96	1.18	2.79	0.70	52.9
13	8.6	- 6.5	- 5.4	33.92	4.08	6.70	0.74	34.5
14	8.6	-14.9	- 6.2	15.37	1.26	2.48	0.72	48.1
15	8.6	- 4.4	- 2.4	19.26	1.94	3.49	0.69	36.0

验, 高粱幼龄植株的 m 值始终比老龄植株的为高。McCree (1974) 供试高粱植株的株龄比上述实验中的更老, 而且, 积累的碳 (每株9克碳) 比上述实验供试植株的 (每株1.4克碳) 更重。Jones等 (1978) 观察到黑麦草 (*Lolium Perenne* L.) 成熟时, 维持流量大为下降。这一下降与蛋白质含量大幅度下降相关。

图3概括了上述实验中水分欠缺对底物利用的影响。每单位干重的碳流量 ($2N_0/W$) 可分为二个分量: 维持过程的流量 (维持分量 m) 以及生长过程的流量 (生长分量, $2N_0/W - m$)。每日总流量 (即暗呼吸速度, 以上线表示) 和维持分量 (以下线表示) 在所达到水势范围内, 约下降二分之一, 而生长分量 (用两线之差表示) 则下降三分之二左右。鉴于 Y_g 没有变化, 生长分量之减小必然纯属可利用的底物 (ΔS_0) 大为减少的

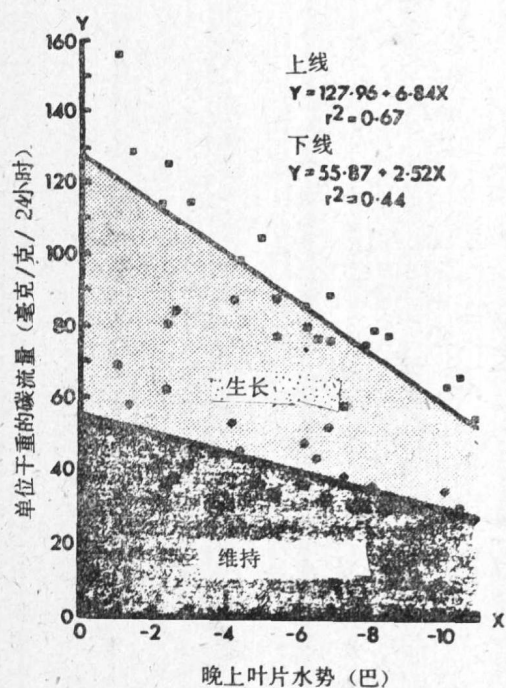


图3 单位干重的碳日流量为晚上叶片平均水势的函数。上线为总流量 ($2N_0/W$), 下线为流量的维持分量 (m), 二线之间为流量的生长分量 ($2N_{00}/W - m$)

缘故。维持分量的减小是由于水分欠缺的直接影响, 也可能如前面讨论过的那样, 是由于干物质积累量 (ΔW_0) 减少之故。

关于暗呼吸对水分欠缺反应的经典分析只考虑类似图3上线表示的碳总流量。缺水植株碳流量的这种减少, 早先已有过报导 (Boyer, 1970b; Brix, 1962; Flowers和Hanson, 1969), 但结果未趋一致 (Brix, 1962; Kaul, 1966; Shearman等, 1972)。这种不一致可能是水分欠缺对可利用的 (指促进碳流过程进行的) 底物量产生影响所致。我们所作的实验中, 这个量是可变的, 因为前一个白天出现的底物生产量也是可变的。把底物生产量和碳流量进行比较, 就会发现两者是密切相关的 (图4)。由此证实, 碳流量减少主要归因于可利用底物量减少的缘故。

用来表示植株水势的那种简单化方法, 具有一定局限性。在白天, 植株在进行蒸腾作用, 因此, 必然存在水势梯度。所以, 根、

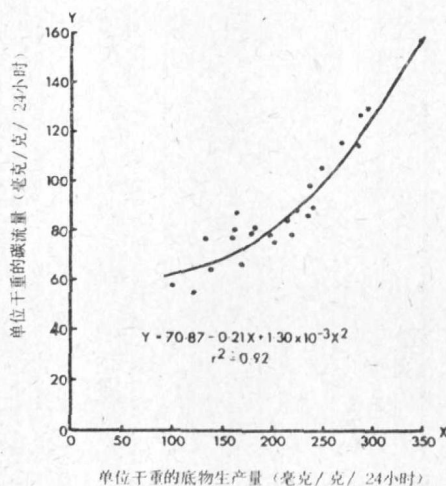


图4 单位干重的碳日流量 ($2N_0/W$) 与单位干重的底物生产量 ($\Delta S_0/W$) 之间的关系

茎部位的水势可能与供测量叶部的不同。底物是完整植株所利用的, 而表示底物利用量的参数仅仅和叶片水势相关。随后出现之误差, 其大小视植株内水势梯度的大小而定, 而这些梯度值并未测定过。在蒸腾率低的晚上, 株内水势梯度或者较小。

Begg和Turner (1976) 两人曾经评述道, 受控制环境中的植株对水分欠缺的反应与田间植株的不同。其差别主要归因于小钵中生长的植株水分欠缺很快, 因植株的根系及土壤接触的水分受到限制。在田间, 水分欠缺是逐渐出现的, 根系还能继续发育, 并进行渗透性调整。在本实验中, 使用了大量的多孔粘土及制造蒸发率较低的各种条件, 以保证植株缺水过程在15天内逐步进行。

结 语

缺水植株在光合作用过程中使底物生产量减小, 因此, 水分欠缺也影响生长和维持过程中底物的利用率。生长过程的转换效率未受影响, 但维持需要量却减少了一半。结果明显指出, 必须分别考虑 Y_g 和 m 对缺水的反应, 因为两者受到的影响不同。

〔张联璋译〕

参 考 文 献

- Bassham, James A. 1977. Increasing crop production through more controlled photosynthesis. *science* 197:630—638.
- Beradsell, Michael F., and Daniel Cohen. 1975. Relationships between leaf water status, abscisic acid levels, and stomatal resistance in maize and sorghum. *plant physiol.* 56:207—212.
- Begg, John E., and Neil C. Turner. 1976. Crop water deficits. *Adv. Agron.* 28: 161—217.
- Boyer, J. S. 1970a. Leaf enlargement and metabolic rates in corn, soybean, and sunflower at various leaf water potentials. *Plant Physiol.* 46:233—235.
- 1970b. Differing sensitivity of photosynthesis to low leaf water potentials in corn and soybean. *Plant Physiol.* 46:236—239.
- 1976. Photosynthesis at low water potentials. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B.* 273:501—512.
- Brix, H. 1962. The effect of water stress on the rates of Photosynthesis and respiration of tomato plants and lolly pine seedlings. *Physiol. Planta* 15:10—20.
- Brown, Ray W. 1976. New technique for measuring the water potential of detached leaf samples *Agron. J.* 68: 432—434.
- De Wit, C. T., J. Goudriaan, H. H. van Laar, F. W. T. penning de Vries, R. Rabbinge, H. van Keulen, W. Louwerse, L. sibma, and C. de Jonge. 1978. simulation of assimilation, respiration, and transpiration of crops. simulation Monographs. Ctr. Agric. Publ. Doc., Wageningen, The Netherlands. John Wiley and Sons, New York.
- Evans, L. T. 1975. Beyond photosynthesis—the role of respiration, translocation, and growth potential in determining productivity. p. 501—507. In J. P. Cooper (ed.) *Int. Biol. Programme 3. Photosynthesis and productivity in different environments.* Cambridge Univ. Press.
- Fernandez, C. J. 1977. Differences in carbon economy among five grain sorghum cultivars. M. S. Thesis Texas A & M Univ., College Station.
- Flowers, T. J., and J. B. Hanson. 1969. The effect of reduced leaf water potential on soybean mitochondria. *Plant Physiol.* 44: 939—945.
- Hansen, G. K., and C. R. Jensen. 1977. Growth and maintenance respiration in whole plants, tops, and roots of *Lolium multiflorum*. *Physiol. Plant.* 39:155—164.
- Hill, H. J., and R. L. voigt. 1978. Genotypic and water-stress effects in determining leaf blade area of sorghum. *Agron. Abstr.* p. 76.
- Hsiao, Theodore C. 1973. plant responses to water stress. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 24:519—570.
- Johnson, Douglas A., and Ray W. Brown. 1977. Psychrometric analysis of turgor pressure response, A possible technique for evaluating plant water stress resistance. *Crop Sci.* 17:507—510.
- Jones, M. B., E. L. Leafe, W. stiles, and B. Collett. 1978. pattern of respiration of a perennial ryegrass crop in the field. *Ann. Bot.* 42:693—703.

- Kaul, Rudolf. 1966. Effect of water stress on respiration of wheat. *Can. J. Bot.* 44:623—632.
- Mc Cree, K. J. 1970. An equation for the rate of respiration of white clover plants grown under controlled conditions. p. 221—229. In prediction and measurement of photosynthetic productivity (Proc. IBP/PP Technical Meet., Trebon), Ctr. Agric. publ. Doc. Wageningen, The Netherlands.
- . 1974. Equations for the rate of dark respiration of white clover and grain sorghum, as functions of dry weight, photosynthetic rate, and temperature. *Crop Sci.* 14:509—514.
- . and J. H. Troughton. 1966. Non-existence of an optimum leaf area index for the production rate of white clover grown under constant conditions. *Plant Physiol.* 41: 1615—1622.
- . and C. H. M. van Bavel. 1977. Respiration and crop production; A case study with two crops under water stress. p. 199—216. In J. J. Landsberg and C. V. Cutting (eds.) *Environmental effects on crop physiology*. proc. 5th Long Ashton symp. Academic press, London.
- . and S. Kresovich. 1978. Growth and maintenance requirements of white clover as a function of daylength. *Crop Sci.* 18: 22—25.
- . and J. H. Silsbury. 1978. Growth and maintenance requirements of subterranean clover. *Crop Sci.* 18:13—18.
- Moldau, H., and A. Karolin. 1977. Effect of the reserve pool on the relationship between respiration and photosynthesis. *photosynthetica* 11: 38—47.
- Penning de Vries, F. W. T. 1975. The cost of maintenance processes in plant cells. *Ann. Bot.* 39: 77—92.
- . A. H. M. Brunsting, and H. H. Laar. 1974. Products, requirements and efficiency of biosynthesis, A quantitative approach. *J. Theoret. Biol.* 45: 339—377.
- Ritchie, Gary A., and Thomas M. Hinckley. 1975. The pressure chamber as an instrument for ecological research. *Adv. Ecol. Res.* 9: 165—254.
- Sanchez-Diaz, Manuel F., and Paul J. Kramer. 1971. Behavior of corn and sorghum under water stress and during recovery. *plant Physiol.* 48: 613—616.
- Shearman, Linda L., J. D. Eastin, C. Y. Sullivan, and E. J. Kinbacher. 1972. Carbon dioxide exchange in water-stressed sorghum. *Crop Sci.* 12: 406—409.
- Slavik, B. 1975. Water stress, photosynthesis and the use of photosynthates. p. 511—536. In J. P. Cooper (ed.) *Int. Biol. Programme 3. Photosynthesis and productivity in different environments*. Cambridge Univ. Press.
- Thornley, J. H. M. 1970. Respiration, growth and maintenance in plants. *Nature* 227:304—395.
- . 1976. *Mathematical models in plant physiology*. Academic press, New York.
- . 1977. Growth, maintenance and respiration; A reinterpretation. *Ann. Bot.* 41: 1191—1203.
- Van Bavel, C. H. M., R. Lascano, and D. R. Wilson. 1978. Water relations of fritted clay. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 42:657—659.
- Vanderlip, R. L., and H. E. Reeves. 1972. Growth stages of sorghum (*sorghum bicolor* (L.) Moench). *Agron. J.* 64: 13—16.
- Wilson, D. R., C. J. Fernandez, and K. J. McCree. 1978. CO₂ exchange of subterranean clover in variable light environments. *Crop Sci.* 18:19—22.
- Yamaguchi, Junichi. 1978. Respiration and the growth efficiency in relation to crop productivity. *J. Fac. Agric. Agric. Hokkaido Univ.* 59: 59—129.

玉米C群雄性不育细胞质内的DNA异质性

D.R. Pring, M.F. Conde*和C.S. Levings, LLL.**

摘 要

利用核酸内切限制酶片段分析了玉米 (*Zea mays* L.) C 群的五种雄性不育细胞质的细胞器DNA, 发现有三类线粒体(mt)DNA, 但对叶绿体(ct)DNA没有观察到此种变异。有人提出, 把C群区分为三个亚群, C I (C细胞质)、C II (RB、BB和E细胞质)和C III (ES细胞质)。C群内的异质性表明, 有可能扩大杂交玉米生产中的细胞质基础。

利用核酸内切限制酶片段分析细胞器DNA, 目前已经证实了玉米(*Zea mays* L.)的正常能育细胞质(4)和雄性不育细胞质(2, 5)之间线粒体(mt)DNA的异质性。虽然没有资料可以表明这些差异与mtDNA已知的遗传功能或与雄性不育细胞质的特性密切相关, 但通过片段同源性的比较, 对于确定mtDNA之间的亲缘关系具有一定的价值。比较T、C和S群雄性不育细胞质的mtDNA表明, 在这些细胞质之间有许多明显的差异(5)。相反, 对九种正常能育的细胞质所作的测定发现只有很少的、但显著的差异(4)。

曾用核酸内切限制酶来鉴别T、C或S群内的细胞质的某些尝试。当用三种核酸内切限制酶加以消化时, 有几种S群细胞质的mtDNA变得不易辨别(5)。但是, 遗传学证据(1, 3)显示, 在雄性不育细胞质的群内有变异性。自从1970年南方玉米大斑病蔓延以来(6), C群细胞质作为一种可选用的不育来源而受到特别的重视。因此, 本研究的目的是试图鉴别下述C群细胞质中的细胞器DNA: C, Rancho Barrieto (RB)、BB、E和El Salvador (ES)型。虽然以前的研

究(4, 5)已查明mtDNA变异很多而叶绿体(ct)DNA变异却很少, 但在本研究中, 对mtDNA和ctDNA仍然都作了测定。

材料和方法

具有本文所述细胞质的品系, 在谱系上相近并取自几个不同的来源。细胞质E取自南卡罗来纳州斯帕坦堡 McNair 种子公司, 细胞质RB取自伊利诺斯州布卢明顿市 Funk 国际种子公司和伊利诺斯州米尔福市 Crows 杂种玉米公司, 细胞质BB取自Funk公司, 细胞质El Salvador (ES)取自Crows公司和伊利诺斯州埃尔帕索市 Pfister 杂种玉米公司, 几个品系或杂交种的细胞质C和以前所用的一样(4)。正常细胞质A 619是取自作者的原种。

mt DNA和ct DNA的制备、核酸内切限制酶分析和其它的方法均如前述(4)。每一细胞质mt DNA或ct DNA至少制备两倍, 每一材料至少测定两次。mt DNA用 *Hind* III、*Xho* I、*Bam*HI、*Sma* I 和 *Eco* R I 五种酶内切限制。ct DNA用 *Hind* III、*Eco*R I 和 *Bam*HI三种酶内切限制。

*在佛罗里达大学植物病理学系任教(前者还在美国农业部科教局农业研究(处)任职)。**在北卡罗来纳州立大学遗传学系任教。

结 果

线粒体 (mt) DNA 的限制分析 用五种核酸内切限制酶消化 mt DNA, 将 C 群区分为三种亚群: C I (C 细胞质)、C II (RB、BB 和 E 细胞质) 和 C III (ES 细胞质)。

Hind III 的消化表明, C I 亚群的特征是没有一条 (图 1A, 箭头所指) 存在于 C II (图 1B) 和 C III (图 1C) 中的带。而 C II 与 C III 亚群的区别在于后者多一条带 (图 1C, 箭头所指)。在研究过程中发现, *Hind* III 对 ES mt DNA 的消化与正常能育细胞质的 mt DNA 的消化, 特别是与那些属于 *Hind* III 群 B 的正常细胞质的消化相类似 (4)。其次, 将 ES mt DNA 与 A619(N) 的 mt DNA 作比较, 发现 ES mt DNA (图 1D) 与 A619 (N) mt DNA 不同, 后者多一条新带, 但却缺失一条带 (图 1E, 箭头所指)。

用 *Xho* I 内切限制酶所鉴别的细胞质亚

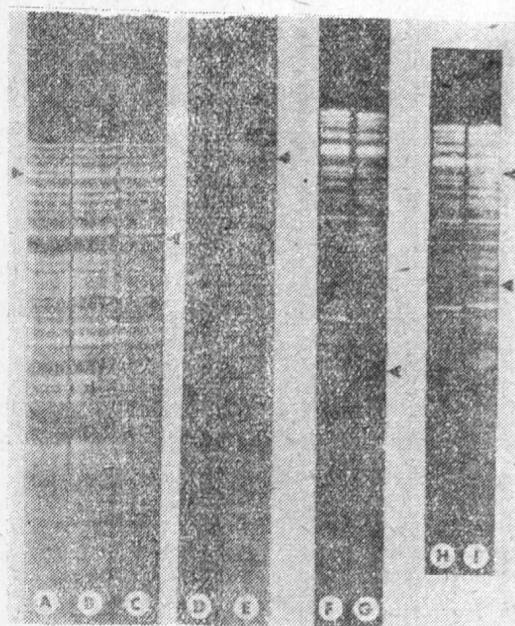


图1 用 *Hind* III 酶(A-E)和 *Xho* I 酶 (F-I) 消化下述玉米细胞质线粒体 DNA 的琼脂糖凝胶电泳模式: A) C; B) RB、BB、或 E; C) ES; D) ES; E) A619 (N); F) C; G) RB、BB或E; H) C; I) ES。

群与上述相同。亚群 C I (C) 的特征是多一条低分子量的带 (图 1F, 很难看清楚), 这条带在亚群 C II (BB、RB、E) (图 1G, 箭头所指) 或亚群 C III (ES) 中是不存在的。将亚群 C I (图 1H) 与亚群 C III (图 1I) 作进一步的比较, 发现亚群 C III 的特征是有一条新带 (上面的箭头所指) 和缺失一条带 (下面的箭头所指)。用 *Sma* I 同样鉴别出三个亚群, 但是 *Bam* HI 和 *Eco* RI 不能将亚群 C I 与亚群 C II 区别开来。在 E 细胞质和 ES 细胞质内没有发现变异。

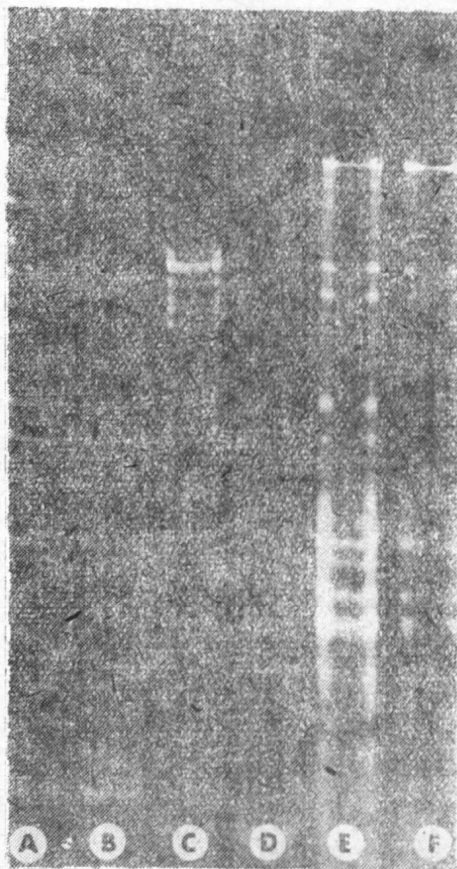


图2 用 *Bam* HI (A, B), *Hind* III (C, D) 和 *Eco* RI (E, F) 酶消化下述玉米细胞质叶绿体 DNA 的琼脂糖凝胶电泳模式: A) C; B) RB; C) C; D) ES; E) BB; F) ES。

叶绿体 (ct) DNA 的限制分析 用核酸内切限制酶 *Hind* III、*Eco* RI 和 *Bam* HI 不能从上述五种细胞质中鉴别出任何的 ctDNA。关于它们之间比较的资料示于图 2。

讨 论

本研究供试近亲谱系的遗传物质是由许多合作者提供的。虽然基因型类别应加以考虑,但是以前的研究已证实玉米与*Z. perennis*的正反交中,缺乏mtDNA和ctDNA的父性遗传(2, 4, 5)。在这些研究中,有一些是近交系(与保持系至少回交了15次),在核酸内切限制酶片段的模式上未观察到变化(5)。我们认为,这一证据已足以用来解释本实验的结果,虽然供试品系的谱系还不清楚。

我们以前曾提出,C群雄性不育细胞质与T群和S群相比,根据mtDNA限制消化的片段具有同源性判断,C群与正常能育细胞质的关系更为密切(5)。在C群内的片段同源性显示其亲缘关系:C、RB、BB和E的关系密切,但ES与其它四种细胞质有某些不同。ES mtDNA与A619 (N) mtDNA的相似性显示出玉米内mtDNA的关系的密切程度。

玉米C群雄性不育细胞质内的异质性,从本实验资料来看是明显的,它反映在mtDNA上。虽然把C与RB和ES进行了比较,但是,这些(异质性)资料与细胞质的能育性恢复特性之间的关系尚有待研究确定(1, 3)。我们的资料表明:这些细胞质是不相同的,这些细胞质的恢复能力的差异有的能察觉到,有的不能察觉到;它们的某些目前尚不能识别的参数亦不相同,例如对病原或昆虫反应的潜在变异等。因此,在C群内区

分出亚群,便有可能扩大杂交玉米的细胞质基础。本文所述用以鉴别亚群的片段模式间的差异,是以mtDNA中不到1%脱氧核苷酸碱基顺序作为依据的。用其它的酶扩大研究,可将这些细胞质作进一步的区分。在玉米杂交制种中,若继续使用C群细胞质,则使用具有不同雄性不育细胞质来源的品系可以增加杂交种的多样性,从而可以克服由玉米细胞质所致的抗性不强的弱点,增强玉米抗病虫害的能力。 [孙祥燮译]

参 考 文 献

1. Beckett, J.B. 1971. Classification of male-sterile cytoplasm in maize (*zea mays* L.). Crop Sci. 11:724-727.
2. Conde, M.F., D.R. Pring, and C.S. Levings, II. 1979. Maternal inheritance of organelle DNA's in *Zea mays-Zea perennis* reciprocal crosses. J. Hered. 70:2-4.
3. Gracen, V. E., and C. O. Grogan. 1974. Diversity and suitability for hybrid production of different sources of cytoplasmic male sterility in maize. Agron. J. 66:654-657.
4. Levings, C. S. II, and D. R. Pring. 1977. Diversity of mitochondrial genomes among normal cytoplasm of maize. J. Hered. 68:350-354.
5. Pring, D. R., and C. S. Levings, II. 1978. Heterogeneity of maize cytoplasmic genomes among male-sterile cytoplasm. Genetics 89:121-136.
6. Ullstrup, A. J. 1972. The impacts of the southern corn leaf blight epidemics of 1970-1971. Annu. Rev. Phytopathol. 10: 37-50.

夏威夷大豆特性的季节变异

Benjamin H. Beard, James C. Gilbert和Terry Sekioka*

摘 要

试验的目的是检定夏威夷栽培大豆(*Glycine max* (L.) Merr.)的产量和其它特性的变异。特别注意获得冬季种植时适应性最强的品种,以用作品种改良的亲本种质来源。

供试的大豆品种在夏威夷的三个地点,一年中除7月和12月外,每个月均进行种植。在3、4、5或6月播种时,其产量高于全年各季的平均产量,而在其它月份种植时,则其产量低于全年的平均产量。

大豆产量的显著差异与年分、地点、播种期和品种相关。在一些资料的分析中,品种×播种期和品种×地点的互作是显著的,但在另一些资料分析中则否。品种“Davis”在三个播种地点的平均产量都最高。

在夏威夷州和其它许多热带、亚热带地区,大豆在一年中的任何时期都可以播种。在这些地区,理想的大豆品种,特别是采青作蔬菜用,应该是全年都能种植、产量也很高的品种。大部分产品是靠小农或小块菜园地提供的,快速而又紧密地一熟接着一熟,其贮藏设施有限、不足或缺乏;为保证对家庭的食品供应,就需要有连续的种植安排。由于这一季与下一季之间产量的差异极大,为了生产同量的食品就需要在不同播种季节,对种植面积的大小作出适应的规划(5)。

日长、温度、光强、纬度与海拔都影响着大豆的生长、成熟和产量。大豆的不同品种对每一个环境因素发生改变的反应又是不同的(1, 3, 5, 6, 7, 8)。在美国,按相应纬度范围内的正常播种期,将大豆不同品种划分为若干成熟群(2)。在热带环境条件下,成熟期的分类与纬度的关系不密切,因为有些品种,在广阔的纬度范围内均有高的产量(6, 7)。

本研究的目的,是在夏威夷的不同地点

和不同播种期,评价大豆品种的表现。最重要的资料是每一播种期的产量、基因型×播种期和基因型×种植地点的互作。选出可作为亲本种质用的品种,当然也是重要的。

材料和方法

32个大豆品种,在夏威夷岛的Hawi(北纬20°15′)、考爱岛的Kapaa(北纬22°05′)和瓦胡岛的Waimanalo(北纬21°21′)三地试验。各试验的对照品种均为“Amsoy 71”(属成熟群Ⅱ)、“Williams”(属成熟群Ⅲ)、“Forrest”(属成熟群Ⅴ)和Davis(属成熟群Ⅵ)。成熟群分类从00—Ⅵ的32个品种和各对照种均按不同时期种植。在三个地点的任何试验中,供试品种的产量若低于最低产量的对照品种,就不再继续种植。

试验采用三行区,行长5.5米,行距76厘米,重复三次。收取中间行4.8米的植株计算产量。调查记载成熟时的株高、播种至成熟的日数和每小区的种子产量。把在瓦胡岛

*分别为戴维斯加州大学农学和草原学系及美国农业部科教局农业研究(处)遗传学研究员,夏威夷大学园艺系名誉教授和夏威夷大学考爱试验分站园艺学付研究员。

Kapaa 每个试验小区另外采收籽粒的副样，送往加利福尼亚的戴维斯，用鼓风炉，在55℃下经24小时干燥，再用宽谱线核磁共振仪分析其按烘干重计算的含油率。

播种前，大豆种子用根瘤菌(*Rhizobium japonicum*(Kirchner))接种，或在复土前于播种行内撒播粒状接种体。用人工中耕或施用除草剂防除杂草。在Hawi和 Waimanalo二地的试验，视需要进行了喷灌。

结果和讨论

我们原计划在每一试验点每月播种二次，但因下雨和其它因素，使得有些播种延误，同时，有的在播种后还受损于除草剂的残毒，风害或鸟害，也有几次一个试验的个别品种，发生小区缺失。

联系到引起这些试验的变动因素和相似试验的预期结果，将所得数据加以综合和分析，便能从三方面得到可靠的估计量。

第一，测定了每一试验点于1975年2月和1976年2月间播种的11个品种的产量(表1)。在Hawi的平均产量最高(2069公斤/公顷)，其次是Waimanalo(1830公斤/公顷)和Kapaa(1418公斤/公顷)。对每一试验点的产量资料进行方差分析表明，年分之间和品种之间有显著的差异。品种×年分的互作，在Waimanalo和Hawi表现显著，而在Kapaa则否。变异系数在Hawi为18%，在Kapaa为23%，在Waimanalo为12%。将试验地点与不同年分的数据结合分析，则在地点、年分、品种、二因素互作(年分×地点、年分×品种、地点×品种)和三因素互作(年分×地点×品种)之间，都存在有高

表 1 在三试验点于1975年2月和1976年2月播种的11个大豆品种的平均产量

	Hawi		Kapaa		Waimanalo		2年 平均*
	1975 2月	1976 2月	1975 2月	1976 2月	1975 2月	1976 2月	
Amsoy 71	2,748	1,038	1,711	747	1,234	2,711	1,698x
Davis	3,108	3,500	3,054	1,377	1,705	2,442	2,531v
Forrest	2,964	2,811	2,382	910	1,361	2,430	2,143w
Williams	2,741	828	2,446	736	1,476	2,214	1,662z
Ada	2,013	729	1,449	614	1,298	2,469	1,740z
Bragg	2,004	1,688	1,736	435	1,247	1,514	1,429yz
Hutton	2,240	1,252	2,219	638	1,272	1,667	1,437xyz
Kahala	1,825	1,438	1,860	688	1,425	2,735	1,533xy
Lee 68	2,355	1,581	2,066	881	1,412	1,794	1,682x
Pomona	2,905	2,074	2,123	1,173	1,387	2,926	2,098w
Wells	2,577	1,087	2,123	1,173	1,387	2,202	1,541xyz
2年平均*	2,069y		1,418z		1,830y		1,772

* 数字后字母表示按邓肯氏复极差检验法在0.05平准的试验地点差异或品种平均值的分类。

度显著的差异。变异系数为18%。

每一试验点所有播种期的4个对照品种的平均产量，示于图1的A、B、C中。在每一地点3、4、5和6月播种的，其产量高于平均产量。而在其它时期播种的，则低于平均产

量。所有的试验点和播种期的单季平均产量为1998公斤/公顷。

第二，将各试验点在1975年2月和6月以及1976年2月和9月的试验中4个对照品种产量资料合并分析。在播种期、试验地点和地