

不同玉米基因型叶片呼吸速率的差异及 与光合特性关系的研究^①

李少昆^① 赵明 王树安 曹连莆 郭小强
(农学系)

摘要 对40个我国常用玉米自交系和22个不同类型玉米材料测定的结果表明,玉米基因型间呼吸速率存在显著的差异,可作为基因型分析的重要生理指标。40个自交系呼吸速率平均值为(CO₂)6.64 mg dm⁻²h⁻¹,变异系数为22.03%。不同玉米类型间呼吸速率高低依次是普通杂交组合、姊妹系、自交系、糯质玉米和甜质玉米,与类型间光合速率高低的排列是一致的。杂交种呼吸速率呈明显的正优势,超中亲率平均为24.58%,范围为-1.81%~44.11%,并且F₁与母本的相关关系比父本更密切。呼吸速率低的基本型一般叶面积更大,植株更繁茂,干物质的积累也较多。不同自交系间呼吸速率与净光合速率间无明显的相关关系($r=8.760E-03$),40个自交系可被明显的分成8种类型。呼吸消耗与净同化率的比值平均为15.26%,但不同类型自交系间变幅较大(6.05%~38.23%)。以上均说明选出呼吸速率低而总光合量高的基因型是可能的。

关键词 玉米; 基因型; 呼吸速率

中图分类号 S513; S501

Difference of Respiratory Rate (*R*) Among Genotypes in Maize (*Zea mays* L.) and the Relationship Between *R* and Other Photosynthetic Characteristics

Li Shaokun Zhao Ming Wang Shu'an Cao Lianpu Guo Xiaoqiang
(Dept. of Agronomy)

Abstract By means of analysis of variance with experimental results obtained from 40 inbred lines that are widely utilized in production as well as 22 kind of breeding materials, it has been found that the difference of *R* among varieties of maize is as significant as 5% level, thus *R* value could be an important physiological criteria for genotype analysis. The average value of *R* measured under the same conditions with 40 inbred lines was (CO₂) 6.64 mg dm⁻²h⁻¹. The variation coefficient of *R* was 22.03%. The order of respiratory rate value among different maize types, from the highest one of common hybrids, sister hybrids, inbred lines, glutinous maize till to the lowest one of sweet maize. Showed a

收稿日期: 1996-01-04

①本研究为国家攀登计划项目 9219-2-3

②李少昆,北京圆明园西路2号中国农业大学(西校区),100094

consistent trend in term of photosynthetic rate for the four kind . The R value of hybrid expressed an obvious positive superiority. The relationship between hybrids and female parent in R was closer than male ' s . R and net photosynthetic rate (PN) was of non - significant correlated, but, the leaf area, dry matter acculation respectively were negative significance. 40 inbred lines of maize could be divided into 8 groups according to their leaf R and PN by a cluster analysis . At last , some genotype with lower R value and higher total photosynthesis amount can be selected.

Key words *Zea mays* L. ; genotypes; respiratory rate

Kishitani(1986)曾对4个丰产性能不同的大豆呼吸速率做了评价,估算开花早期呼吸消耗的碳约相当于同化产物的36%,但4个品种间没有显著性差异。Wilson分别选择暗呼吸快和慢的大麦成熟叶片,发现呼吸速率是可以遗传的,而且呼吸速率低的品系发育更为繁茂^[1]。但就呼吸速率而言,玉米不同基因型间是否存在基因型变异?呼吸速率高低与净光合速率、作物生长速率、干物质积累及叶面积大小等其它光合性状之间有何关系?到目前为止,关于这方面的系统研究报道甚少。本文针对这些问题对玉米不同基因型进行了测定和评价。

1 材料和方法

1.1 供试材料

供试材料取自中国农业大学科学园玉米源库生理育种圃。试验分两组:第一组为40个自交系,第二组为22个不同类型玉米材料(名称见表1)。种植方式均为2行区,行长6m,株行配置30cm×60cm。试验地土壤肥力水平中等,前茬为玉米,播前测0~20cm土层含碱解氮107.78mg·kg⁻¹、速效磷92.04mg·kg⁻¹。田间管理措施与常规相同。

1.2 测试与分析方法

呼吸速率与净光合速率的测定是在田间条件下用BAU光合测定系统完成的。呼吸速率的测定是选温度较稳定的阴天进行,测定时采用两层黑布盖罩在叶室上面,待CO₂稳定释放后采样。净光合速率的测定是在晴天10:30~14:00点光照充足且相对稳定的时间内完成的。测定部位均为穗上第1叶叶片的中部,测定时期为玉米营养生长最快的大喇叭口期和抽雄吐丝期,测定方式为闭路。对不同材料采用往复轮回测定的方法,重复3~5株。

与呼吸速率做相关分析的单株叶面积系吐丝期叶面积最大时的测定值,干物质增长量为大喇叭口期至吐丝期的干重差。

聚类分析采用对原始数据进行标准化后,经欧氏距离法计算样本间距离,用类平均法聚类^[2~4]。

2 结果分析

2.1 玉米不同基因型叶片呼吸速率差异的显著性分析

分别对两组试验叶片呼吸速率进行基因型间差异方差分析的结果表明(表2),不同基

因型间呼吸速率具有显著或极显著的差异。说明呼吸速率是可遗传的性状,并可作为分析基因型的一个重要生理指标。

表1 供试玉米材料的名称与编号

编 号	材料名称	编 号	材料名称	编 号	材料名称
第1组试验					
1	3189	15	中系 042	29	CA192
2	7922	16	3961	30	CA186
3	478	17	32	31	双 105
4	多 26	18	218	32	北 711
5	京 C175	19	165	33	承 18
6	多 25	20	832	34	CA150
7	中黄 64	21	M017	35	CA170
8	自 330	22	鲁原 92	36	52106
9	8001	23	CN962	37	多 15-7
10	502	24	D 黄 212	38	武 312
11	5213	25	434	39	中黄 68
12	多 18-15	26	CA207	40	综 3
13	金黄 98	27	CA200		
14	齐 205	28	CA181		
第2组试验					
甜质玉米		自交系		普通杂交组合	
41	甜笋 101	48	3189	55	多 25×3189
42	甜单 5 号	49	478	56	3189×多 26
43	甜玉 5 号	50	多 25	57	多 25×京 C175
44	甜玉 6 号	51	多 26	58	478×京 C175
45	B29	52	京 C175	59	多 26×京 C175
46	速冻 1 号	姊妹交		60	3189×京 C175
糯质玉米		53	3189×478	61	多 25×478
47	中糯 2 号	54	多 25×多 26	62	多 26×478

2.2 不同玉米自交系叶片的呼吸速率及聚类分析

对第1组试验中40个我国目前常用玉米自交系在大喇叭口期呼吸速率测定的结果表明,玉米自交系间呼吸速率 CO_2 最高 $9.93 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ (多18-15),与 CO_2 最低 $3.20 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ (CA207)相差2倍多, CO_2 平均为 $6.64 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$,标准差 $1.47 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$,变异系数22.03%。

按单叶呼吸速率进行聚类分析的结果可明显将40个自交系分成快呼吸型 CO_2 ($8.90 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ 以上)、较快呼吸型($6.70 \sim 8.90 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ 之间),中等呼吸型($4.40 \sim 6.37 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ 之间)和慢呼吸型($4.40 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ 以下)四种类型,且以较快呼吸型(占50.5%),和中等呼吸型(占45.0%)为主,而快呼吸型和慢呼吸型自交系均较

少(表3)。

表2 玉米不同基因型单叶呼吸速率差异显著性方差分析表

试验组别	方差来源	平方和	均方	F 值	显著性
第1组	自交系	213.38	39	5.47	2.311 5**
	自交系内	182.26	77	2.37	
	总和	395.64	116		
第2组	品种间	104.43	21	4.97	1.559 6*
	品种内	178.54	76	3.19	
	总和	282.97	77		

注: **和* 分别表示显著性达0.01和0.05水平。

表3 我国目前常用玉米自交系呼吸速率($R(\text{CO}_2)/\text{mg}\cdot\text{dm}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$)的聚类结果

组别	类型	自交系编号	样本数	R 平均	R 变幅
1	快速呼吸型	12	1	9.93	
2	较快呼吸型	3,10,24,33,9,32,39,14,19,4,7,15,6,40, 34,17,13,18,16,20	20	7.72	6.70~8.90
3	中等呼吸型	1,38,28,29,25,2,21,35,22,8,5,27,11,37, 31,36,23,30	18	5.51	4.40~6.37
4	慢呼吸型	26	1	3.20	

2.3 不同类型玉米材料单叶的呼吸速率

对第2组试验中22个不同类型玉米(包括甜质玉米6个、糯质玉米1个、自交系5个、姊妹交2个、杂交组合8个)呼吸速率的测定(表4)表明,不同类型玉米材料间呼吸速率存在极显著差异。呼吸速率 CO_2 由高至低依次为普通杂交组合(平均 $7.26 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$)、姊妹交(平均 $6.00 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$)、自交系(平均 $5.64 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$)、糯质玉米(平均 $4.87 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$)和甜质玉米(平均 $4.66 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$),这种排列顺序与不同类型玉米叶片净光合速率高低的排列顺序相似^[4],说明高净光合速率的玉米类型其一般呼吸速率也较高。

2.4 不同基因型玉米呼吸速率与净光合速率的关系

在本测试条件下测得各自交系呼吸速率与同期净光合速率无明显的相关关系,相关系数 $r=8.760\text{E}-03$ 。为了进一步了解玉米不同自交系在呼吸与净光合两个特性方面的分类特点,按净光合速率和呼吸速率两个性状对40个自交系聚类,当阈值 T 取1.25时,40个自交系被明显的分成8组,其中组1为高光合速率快呼吸型;组2~4为较高光合速率较快、中等和慢呼吸型;组5~6为中等光合速率较快、中等呼吸型;组7和8为低光合速率较快和中等呼吸型。8种类型中以组3(占32.5%),2(占30.0%),5(占15.0%)和6(占10.0%)为多,没有形成低光合速率慢呼吸、快呼吸等类型。不同类型间 R/PN 差异较大,平均为15.26%,变幅为6.05%~38.23%。最高38.23%(组8:低光合速率中等呼吸型),最低6.05%(组4:较高光合速率慢呼吸型)(表5)。

表4 不同类型玉米材料单叶呼吸速率($R(\text{CO}_2)/\text{mg}\cdot\text{dm}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$)的差异

玉米类型	样本数	$R\pm S$	CV%
甜质玉米	6	4.66±0.94	20.18
糯质玉米	1	4.87	
自交系	5	5.64±1.05	18.66
姊妹交	2	6.00±0.71	11.79
普通杂交组合	8	7.26±0.84	11.64
平均	5.96±1.08	18.13	
F值		7.5025** ($F_{0.01}=4.67$)	

表5 我国目前常用玉米自交系呼吸速率 $R(\text{CO}_2)/\text{mg}\cdot\text{dm}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ 、光合速率 $PN(\text{CO}_2)/\text{mg}\cdot\text{dm}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ 性状的聚类结果

组别	类型	自交系代号	样本数	R平均	R变幅	PN平均	PN变幅	R/PN
1	高光合速率快呼吸型	12	1	9.93		59.56		16.67
2	较高光合速率较快呼吸型	6,4,16,13,39,9,18,7,40,15,34,17	12	8.13	7.47~8.90	48.25	43.92~54.20	16.85
3	较高光合速率中等呼吸型	37,8,5,19,35,22,3,38,30,27,1,29,28	13	5.72	4.80~7.07	52.22	47.58~57.97	10.95
4	较高光合速率慢呼吸型	26	1	3.20		52.90		6.05
5	中等光合速率较快呼吸型	32,14,24,10,23,2	6	6.68	5.57~7.37	39.80	35.03~44.18	16.78
6	中等光合速率中等呼吸型	25,31,36,11	4	5.35	4.40~5.95	34.61	32.25~39.12	15.49
7	低光合速率较快呼吸型	20,33	2	7.50	6.93~8.07	27.65	25.12~30.18	27.12
8	低光合速率中等呼吸型	21	1	6.30		16.48		38.23

2.5 玉米呼吸速率的亲缘关系

对玉米亲本和 F_1 代呼吸速率的研究(表6)表明,杂种 F_1 呼吸速率存在明显的杂种优势,10个组合超中亲平均值为24.58%,变幅-1.81%~44.11%。亲子相关分析表明, F_1 与母本的相关系数 $r=0.622$,达0.1的显著水平,而与父本的相关不显著($r=-0.232$),表现母系遗传特性。其原因可能与呼吸作用中某些酶受体线粒体基因组和核基因组联合控制有关。

2.6 呼吸速率与单株叶面积及干物质积累的关系

用第1组试验中的材料测定值做相关分析表明,呼吸速率(R)与叶面积大小呈显著的负相关关系($r=-0.392^*$, $n=26$)(图1)。与同一时期的干物质增长量呈0.1水平的负相关($r=-0.359^*$, $n=26$)(图2),回归方程为 $Y_{\Delta w}=42.675-9.665X_R$ 。说明呼吸速率低的基因型一般叶面积较大,植株更繁茂,干物质积累较多。

表6 玉米自交系与F₁的呼吸速率及优势表现

组 合	呼吸速率 $R(\text{CO}_2)/\text{mg}\cdot\text{dm}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$				超中亲%
	F ₁	母本	父本	中亲值	
3189×478	5.50	5.17	5.85	5.51	-1.81
多25×多26	6.50	7.35	5.25	6.30	3.17
多25×3189	9.00	7.35	5.17	6.26	43.77
3189×多26	6.98	5.17	5.25	5.21	33.97
多25×京C175	7.57	7.35	4.60	5.98	26.69
478×京C175	7.53	5.85	4.60	5.23	44.11
多26×京C175	6.65	5.25	4.60	4.93	35.03
3189×京C175	6.32	5.17	4.60	4.89	29.38
多25×478	7.43	7.35	5.85	6.60	12.58
多26×478	6.60	5.25	5.85	5.55	18.92
平均	7.01	6.13	5.16	5.64	24.58

注:吐丝期测定,(32±1)℃。

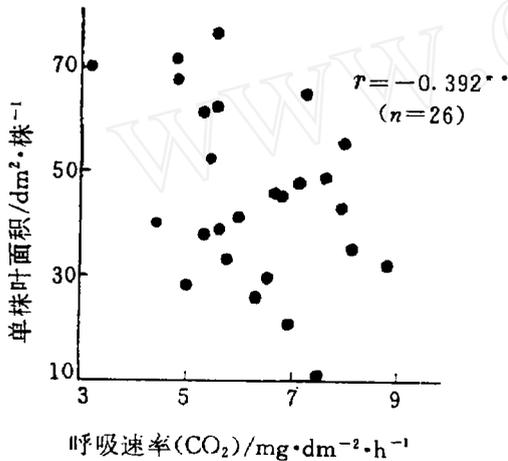


图1 玉米不同自交系叶片呼吸速率与单株叶面积的关系

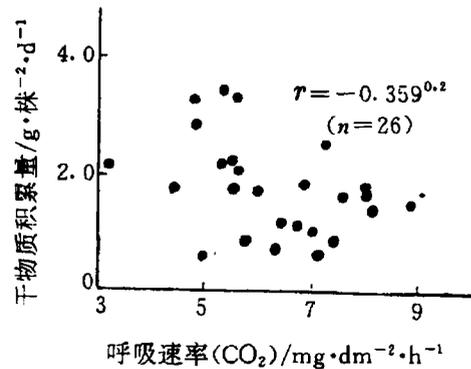


图2 玉米不同自交系叶片呼吸速率与干物质积累的关系

3 讨论

作物光合作用在遗传育种上的发展已日益引起人们的重视。选配呼吸速率低而总光合量大的组合可能是光合生理育种的重要途径之一。在玉米上,赵明等和 Mehta 等已报道了光合速率存在明显的杂种优势^[5,6],本研究结果则进一步表明玉米基因型间在呼吸速率方面存在显著的差异,也表现出明显的杂种优势。即杂交种不仅光合速率较自交系高,而且呼吸代谢也更旺盛。另外通过净光合速率与呼吸速率关系的分析可见,两者的关系在不同基因型间存在多种类型,呼吸速率与净光合速率之比为 6.05%~38.23%,表明选配出呼吸慢但总光合量高的组合是可能的。又因母本的呼吸对后代的影响比父本大,故在培育呼吸速率低的新组合时,应考虑以呼吸慢的亲本作母本为好。

应该指出,呼吸速率是一个很复杂的过程,它除受遗传控制外,还受环境条件制约。本试验仅是在特定条件下得出的结果,而对不同基因型玉米呼吸速率在多种条件下的反应还需作进一步探讨。

参 考 文 献

- 1 Sachie Kishitani. 庄炳昌译. 大豆品种的呼吸速率. 国外农学-大豆,1987,(4):38~42
- 2 裴鑫德. 多元统计分析及其应用. 北京:北京农业大学出版社,1991, 89~99
- 3 莫惠栋,顾世梁. 江、浙、沪大麦品种农艺性状的聚类分析. 中国农业科学,1988,20(3):28~38
- 4 李少昆. 不同基因型玉米源特性的研究[博士学位论文],中国农业大学,1996
- 5 赵明,王美云. 玉米亲本及杂交种光合速率的关系. 北京农业大学学报,1995,21(3):265~269
- 6 Harsh Mehta, Kumud Ranjan Sarkar. 陈悦译. 玉米光合作用、产量和产量组合的杂种优势. 国外农学-杂粮作物,1993,(3):8~11