

玉米不同基因型气孔阻力的变化及其与光合、蒸腾作用的关系*

赵 明 王美云 李少昆

(中国农业大学农学院, 北京 100094)

摘 要 在田间条件下, 研究了生产上广泛应用的 17 个玉米自交系的气孔阻力(RS)及其与光合速率(PH)、蒸腾速率(TR)的关系。主要结果是:(1)不同自交系之间 RS 具有显著的差异, 相差最大可达 2.3 倍以上;(2)RS 随生育进程的推延而增大;(3)RS 同 PH、TR 及 WUE(叶片水分利用率)在玉米生长的主要阶段存在极显著的指数函数关系, 而在某一特定的生育期则表现出极显著的直线关系;(4)RS 与 PH、TR、WUE 及 R(呼吸速率)的相关度从大到小依次是 $TR > PH > WUE > R$;(5)气孔阻力值拟可作为不同基因型的重要生理学特征之一。

关键词 玉米 基因型 气孔阻力 光合速率 蒸腾速率 叶片水分利用率

气孔在叶片光合和蒸腾过程中起着重要的控制作用, 广泛地探讨气孔阻力(RS)变化的规律及与这两个生理过程的关系, 一直是作物生理学重要研究内容之一。以往有关报道多集中在作物 RS 与气象、水肥等环境因子的关系方面^[1, 2, 4, 5, 7], 且已基本揭示了 RS 的变化与光合及蒸腾的基本关系。但以往研究多限于某一叶片或某一品种的某一时期或侧重于某一方面, 而关于不同基因型在田间多变条件下的 RS 值及其与光合速率(PH)、蒸腾速率(TR)及叶片水分利用效率(WUE)的关系报道甚少。作物生产实际上是一个处于多因素作用下的过程, 基因类型广泛, 品种更新快, 源、库比例关系差异较大, 生育时期, 密度, 群体内光照条件等也不断变化, 因此开展这方面的工作就更具有实践意义。为此, 我们于 1992~1994 年做了这方面的工作。本文着重报告在田间条件下玉米不同自交系不同生育时期叶片的 RS 变化及与 PH、TR 的关系。

1 材料和方法

试验于 1992~1994 年先后在中国农科院和中国农业大学试验地进行。供试材料为 17 个常用玉米(*Zea mays* L.) 自交系。随机区组设计, 3 次重复, 2 行区, 行长 4.5~7.5m, 行距 66.7cm, 密度为每公顷 50000 株, 春播(播期 4 月 28 日~5 月 3 日), 田间管理同一般大田。其

1996-01-18 收稿。

* 博士后基金资助项目和攀登计划的部分内容。

中供试自交系及其主要特点列于表 1。

利用 L1-6000(1992 年)和 BAU 光合测定系统(1993~1994 年)在田间对玉米单叶气孔阻力(RS)、光合速率(PH)和蒸腾速率(TR)进行活体测定。同时测定光合有效辐射(PPFD)、叶室温度(CT、)、细胞间隙 CO₂ 浓度(mg/kg)等有关参数,每次测定是在晴天 10:30~14:00 内进行,测定时选 3~5 株具有代表性的植株为试材,测定部位在大喇叭口期时为最上部刚展开叶,以后为穗位叶。其中叶片水分利用效率(WUE)用 PH/TR 表示⁶⁾

表 1 供试玉米自交系的基本情况

自交系	开花期 (月·日)	成熟期 (月·日)	单株 叶片数	叶面积 (cm ² /株)	株高 (cm)	茎叶角	叶向值
7922	7.20	8.31	20	4546.1	225	18.8°	65.1
478	7.20	9.08	20	5550.5	161	21.9°	54.3
3189	7.20	9.04	20	3918.3	146	26.2°	46.4
U 8112	7.19	8.30	20	3780.0	163	25.2°	55.0
5005	7.21	9.01	20	4296.6	146	42.3°	23.8
515	7.21	8.31	19	4263.4	178	22.3°	41.1
多 25	7.19	9.04	21	4519.6	177	35.8°	29.5
多 15	7.22	9.07	21	4863.2	163	34.5°	37.1
中黄 64	7.20	9.08	21	4450.1	204	46.1°	12.3
中黄 65	7.27	9.10	23	7108.1	228	32.8°	31.9
多 26	7.22	9.04	20	5804.7	181	25.3°	41.2
京 C175	7.23	9.04	20	5373.1	230	34.0°	22.7
自 330	7.24	9.07	21	8999.6	257	35.4°	31.1
金黄 59	7.21	9.04	21	5536.2	167	21.5°	49.1
综 3	7.20	9.02	21	5708.8	199	29.1°	32.4
E28	7.25	9.04	23	4744.8	205	38.6°	25.8
Mo17	7.20	9.01	18	3657.7	185	39.9°	20.4

注: 5 月 8 日播种, 5 月 20 日出苗。

2 结果与分析

2.1 玉米不同自交系间气孔阻力(RS)的差异

不同玉米自交系叶片的 RS 值存在着极显著的差异($P < 0.01$) (表 2), 变异系数为 24.23%, 其中最大的 Mo17($1.7531s \cdot cm^{-1}$)与最小的自 330($0.7606s \cdot cm^{-1}$)相差 $0.9925s \cdot cm^{-1}$ 。二者之间相差达 2.3 倍以上。遗传背景相近的自交系之间,如同源多 15、多 25 和多 26 三个姊妹系,以及 478 和 3189 二个姊妹系之间 RS 差异较小。由此可见,RS 可能存在着重要的遗传基础,其拟可作为玉米自交系重要的生理学特征指标之一。

2.2 叶片气孔阻力(RS)与光合速率(PH)、蒸腾速率(TR)、叶片水分利用效率(WUE)和呼吸速率(R)的关系

在大喇叭口期、开花期和乳熟期对 17 个玉米自交系 RS、PH、TR 和开花期对 R 的测定结

表 2 玉米不同基因型叶片的气孔阻力

自交系	RS (s · cm ⁻¹)
自 330	0.7606
多 25	0.8130
多 26	0.8926
多 15	0.8973
金黄 59	0.9086
综 3	0.9326
478	0.9590
3189	1.0403
中黄 64	1.0979
515	1.1349
5005	1.1509
U8112	1.2228
中黄 65	1.2783
7922	1.4250
京 C175	1.4391
E28	1.4776
Mo17	1.7531
平均	1.1284 ± 0.2734
C.V. %	24.23
F 值	* *

注: 大喇叭口期、开花期、乳熟期三次测定平均值。测定条件: PPFD: 1850 ± 100μEm⁻² s⁻¹, CT: 35 ~ 38 °。* * 表示在1%水平上的显著。

果表明,在各生育时期,RS 同 TR 和 PH 均呈显著的正向线性关系,且表现出 RS 与 TR 较 RS 与 PH 的关系更密切。从三个生育时期 RS 与 TR、PH 线性关系的回归系数可见,随生育期推延,回归系数减小。从相关系数来看,RS 与 TR、PH 的相关程度均表现出在开花后较开花前增加,而开花后是玉米籽粒产量形成的重要时期,因此气孔的作用就变的更为重要了。此外 RS 与 WUE 呈弱的负相关,与呼吸速率(R= 0.056^{NS}) 没有明显的关系(图 1,表 3)。

从三个时期的结果综合分析可见,RS 同 TR、PH 及 WUE 可分别合并为一明显的指数函数曲线($Y=ae^{bx}$),拟合度均达极显著水平。其中 $TR=22.8113e^{-0.5806RS}$, $r=0.957^{**}$; $PH=46.2248e^{-0.7537RS}$, $r=0.884^{**}$; $WUE=2.0334e^{-0.1790RS}$, $r=0.557^{**}$ 综合分析表明,RS 与 PH、TR、R 和 WUE 的相关程度从大到小依次为: TR > PH > WUE > R。

3 讨论

气孔是叶片物质交换的重要通道,其阻力大小在光合作用过程中对于 CO₂ 从大气到同化位起重要作用,在蒸腾过

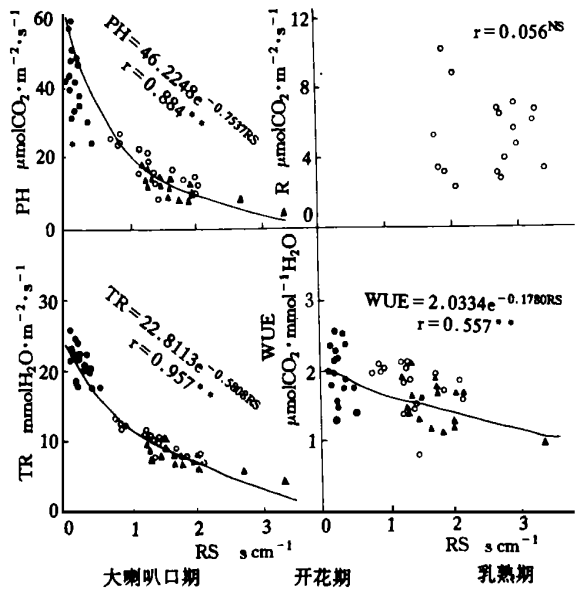


图 1 玉米叶片 RS 与 PH、TR、WUE 及 R 的关系

表 3 玉米不同生育时期叶片 RS 与 TR 及 PH 的关系

生 育 期	拟 合 方 程	相 关 系 数 r
大喇叭口期	PH = 53.877- 48.822RS	- 0.494*
开花期	PH = 32.375- 10.473RS	- 0.786**
乳熟期	PH = 20.919- 5.150RS	- 0.838**
大喇叭口期	TR = 25.036- 14.707RS	- 0.704**
开花期	TR = 15.538- 3.809RS	- 0.972**
乳熟期	TR = 11.876- 2.282RS	- 0.895**
乳熟期	WUE = 6.098- 0.939RS	- 0.559*

注: * , ** 分别表示在 5% 和 1% 水平上的显著。

程中是直接控制水分散失的主要因素。多数研究者从气孔的行为机理,探讨了气孔与光合作用和蒸腾作用的内在关系。然而,对于具体作物,如玉米,由于生产中应用的品种类型多,而且在全生育过程中生育特点和环境因素不断地协调其生理过程,不同基因型在气孔阻力方面存在差异,这些差异所引起光合、蒸腾、水分利用效率等重要生理性状的变化十分重要。本研究通过对 17 个玉米自交系的分析进一步证明了 RS 的变化以及与光合、蒸腾的密切的关系,同时也表明,RS 值是基因型的一个重要生理指标。选育 RS 值小、光合潜力大的自交系可能对选配高光合杂交组合有重要作用,并且随着测试手段的不断提高,这种设想将可能成为现实。

气孔阻力的变化首先影响水分的交换,其次是 CO₂ 的交换,最理想的是如果能保持一个适合的 RS,水分交换则能相对稳定缓慢,CO₂ 也能具备良好的交换率,这可能是高光合和高水分利用效率的前提。此外,从 RS 在生育期间的变化来看,RS 相对稳定,特别是籽粒形成期不过早增阻,这样的自交系和杂交种较为理想。

关于 RS 和 WUE 的关系,有报道二者有显著性相关^[2,4],也有人认为两者无关^[1]。本试验测得两者的结果可从一个方面较好地解释上述两者的矛盾,即 RS 与 WUE 呈弱的负相关,并且会随着生长时期的变化而变化。因此在这方面做进一步研究时,应当特别注意条件的选择和控制。

鸣谢 中国农科院作物所玉米系提供有关材料,在此表示感谢。

参 考 文 献

- 1 Shaobing Peng, Daniel R Krieg (卢庆善译). 粒用高粱气体交换特性及其与水分利用率的关系. 国外农学 - 杂粮作物, 1987(5): 26 ~ 31
- 2 Wong SC, Cowan IR, Farquhar GD. Stomatal conductance correlates with photosynthetic capacity. Nature, 1979, 283(3): 424 ~ 426
- 3 王美云, 李少昆, 赵明. 关于玉米光合作用与叶片水分利用效率关系的研究. 作物学报, 1997, 23(3): 345 ~ 352
- 4 Sinclair TR, Bingham GE, Lemon ER, et al. Water use efficiency of field grown maize during moisture stress. Plant Physiol, 1975, 56: 245 ~ 249
- 5 Cowan IR, Troughton JH. The relative role of stomata intranspiration and assimilation. Plant, 1971, 97: 325 ~ 336
- 6 Bierhuizen JF, Slatyer RO. Effect of atmospheric concentration of water vapor and CO₂ on determining transpiration-photosynthesis relationships of cotton leaves. Agric Meteorol, 1965, 2: 259 ~ 270
- 7 关义新, 戴俊英, 林艳. 水分胁迫下植物叶片光合的气孔和非气孔限制. 植物生理学通讯, 1995, 31(4): 293 ~ 297
- 8 K Xu DQ, Terashima K, Crang RFE, et al. Stomatal and non-stomatal acclimation to a CO₂-enriched atmosphere. Biotronics, 1994, 23: 1
- 9 许大全. 气孔的不均匀关闭与光合作用的非气孔限制. 植物生理学报, 1995, 31(4): 246 ~ 252

Changes of Stomatal Resistance (RS) and the Relationships between Photosynthesis (PH), Transpiration (TR) and RS among Different Inbreds Lines of Maize

Zhao Ming Wang Meiyun Li Shaokun

(Department of Agronomy, Chinese Agricultural University, Beijing 100094)

Abstract Seventeen inbred lines of maize which have been applied widely in practice were used to study RS and the relationships between PH, TR and RS in field conditions. The results showed: (1) the values of RS was significantly different among inbred lines; (2) the relationships between PH, TR, WUE and RS could be simulated as $y = ae^{bx}$ during main growth stages and as $y = a + bx$ in a special stage; (3) the correlative degree: $r_{RS-TR} > r_{RS-PH} > r_{RS-WUE} > r_{RS-R}$; (4) stomatal resistance might be regarded as a important characteristic of maize genotypes.

Key words: Maize; Genotypes; Stomatal resistance; Photosynthesis; Transpiration; Water use efficiency in leaf