

辣椒 9024 苗期茸毛性状测定及其光合性能比较

胡能兵 隋益虎 张子学 何克勤

(安徽科技学院 植物科学学院,安徽 凤阳 233100)

摘要:以浓毛型辣椒 9024 为试材,研究其茸毛性状的分布规律;同时,比较了辣椒 9024 与茄科其他 6 种作物的光合性能指标。结果表明,在辣椒 9024 发育的不同时期,各时期的第 1 片真叶叶片正面、背面、叶柄及茎段的茸毛密度差异明显,以一叶一心期的茸毛密度最大;在七叶期,不同真叶、叶柄及相邻茎段的茸毛随着真叶离生长点越近,密度越大;在不同的光强下,辣椒 9024 的净光合速率低于茄子,但显著高于其余 4 种辣椒,其最大值为 $21.2 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,表明其既耐弱光,又具有较高的光合效率,在育种方面具有很大的潜力。

关键词:辣椒;茸毛;净光合速率

中图分类号:S641.3 文献标识码:A 文章编号:1000-7091(2010)增刊-0144-04

The Survey of Trichome Character at Seedling Stage and Contrast in Photosynthesis Indexes of Pepper 9024

HU Neng-bing SUI Yi-hu ZHANG Zi-xue HE Ke-qin

(College of Plant Science, Anhui Science and Technology University, Fengyang 233100, China)

Abstract: By using pepper 9024 of thick trichome as material, distribution pattern of trichome character at seedling stage and photosynthesis indexes were studied. The results showed that, during its different growth period at seedling stage, trichome density of its first leaf, leafstalk and stem segment had obvious difference, with the greatest density at one and a half leaves stage and at seven and a half leaves stage, the nearer of the leaf to the growing tip, the greater density of trichome. When comparing photosynthesis indexes, though lesser than two kinds of eggplant, net photosynthetic rate of pepper 9024 was larger than those 4 kinds of pepper on significant level, and its greatest rate was $21.2 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$, indicating its big potential of breeding for poor light adaptability and high photosynthetic efficiency.

Key words: Pepper; Trichome; Net photosynthetic rate

辣椒属茄科植物,但与其他茄科作物相比,有关辣椒茸毛性状的报道明显较少,这与具有浓密茸毛性状的辣椒资源较少有关。刘金兵等^[1]从伏地尖中发现紫花茸毛变异株,并在随后的几年内进行了自交和初步鉴定;尚宏芹^[2]观察到辣椒茎和叶片表皮茸毛的分布与棉花和番茄相似,都是体表密生白色茸毛,茸毛密度自下而上逐渐增多;杜锋^[3]研究认为,茸毛性状由一对显性基因控制且具有不完全显性特征,并且筛选出了一个与茸毛基因精密连锁的 RAPD 标记 S1513;Kim 等^[4]将 SSR 标记 HpmsE031 定位到 10 号染色体的控制茸毛位点 Ptl1

上,进一步通过 BAC 克隆 TT1B7 寻找到 Ptl1 位点上、下游 0.33 cM 和 0.75 cM 处的标记 Tco 和 Tsca;而有意思的是,控制辣椒叶片、幼果呈现紫色的基因位点也在第 10 号染色体上^[5]。

目前,茸毛性状的辣椒在育种价值方面并未体现。基于此,本研究以浓毛型辣椒 9024 为试材,先对其茸毛性状的分布规律进行调查,接着通过比较 9024 在不同光强下与茄子、其他辣椒品系的光合特性差异,以获取该材料的生长特性及对环境条件的要求,为充分评价并利用该资源开展相关的育种工作提供依据。

收稿日期:2010-03-12

基金项目:安徽省教育厅高校优秀青年人才基金项目(SQRZ110);安徽省科技厅重点资助项目(05023120)

作者简介:胡能兵(1980-),安徽东至人,男,讲师,在读博士,主要从事植物组织培养及育种研究工作。

1 材料和方法

1.1 材料

辣椒 9024 系安徽科技学院辣椒育种课题组多年选育所得,其性状已稳定。9024 及其他试验材料于 2009 年 2 月 9 日播种于温室大棚,4 月 18 日进行定植,期间对辣椒 9024 的茸毛性状调查;6 月 15 日晴天时对 7 种茄科作物进行光合作用测定。

1.2 方法

1.2.1 茸毛性状观察 当辣椒真叶数目分别达到 1、2、…7 时,分别取第 1 片真叶及其茎段进行茸毛密度测定;当真叶数目为 7 时,取不同的真叶及其下端的茎段进行茸毛密度测定。其中,将圆柱形茎段切下后用游标卡尺测量其长度、直径,显微镜下统计茸毛数后计算其密度,即用茸毛数除以圆柱体面积;将叶柄横切断视为半圆柱体,计算同茎段;叶面积用硫酸纸称重法^[6]。上述各 3 次重复。

1.2.2 光合作用测定 使用 CID-301 光合作用测定仪及其附属控光设备进行测定。叶片为主分支下的第 3~5 片叶。将叶片离体取下,用自来水略冲洗去尘土后,用面纸将表面上的水分吸去,置于室内进行光合作用测定。光照强度分别为 250、500、750、1 000、1 250 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$,而三月茄的光饱和点较高,故光强一直测定至 1 750 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 。待数值稳定后进行 5 次读数,选取 3 次备用。

1.2.3 数据处理 采用 DPS 软件进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 不同时期的第 1 片真叶、茎段茸毛密度差异分析

表 1 描述的是不同时期第 1 片真叶正面、背面、叶柄及茎段的茸毛密度,茸毛密度随着生长部位、发育时期的不同差异明显(图 1-A、B)。叶柄和茎段部位的茸毛密度要远远高于叶片正面和背面,尽管处于不同时期,但都以一叶期的第 1 片真叶正面、背面、叶柄和茎段的茸毛密度最大,分别与四叶期、五叶期、六叶期、七叶期相同部位的茸毛密度差异显著。如一叶期第 1 片真叶叶柄的茸毛密度达到 722 根/ cm^2 ,是四叶期相同部位的 3 倍多,而叶片正面及茎段的茸毛密度分别为 26.2、637 根/ cm^2 ,几乎是七叶期的 3 倍,叶片背面是六叶期的 2 倍多。说明,在植株发育的不同时期,叶片、茎秆面积及茸毛密度都处于动态增加的过程中,前两者的增加速度要高于茸毛的生成速度,导致后者密度的降低。

2.2 七叶期不同真叶、茎段茸毛密度差异分析

表 2 研究了七叶期不同真叶的叶片正面、背面、

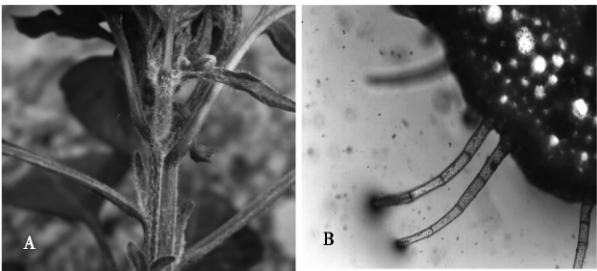
叶柄及茎段的茸毛密度差异。结果表明,在不同的茸毛着生部位,仍以茎段、叶柄的茸毛密度极显著高于叶片正面、背面;但对相同的茸毛着生部位但相异的出现时期而言,其密度则表现相同的变化趋势,即:离生长点越近,茸毛密度越大。以七叶期的第 1 片真叶而言,该部位的叶片正面茸毛密度要比第 7 片真叶要多 24.4 根/ cm^2 ,而叶片背面、叶柄和茎段分别少 4.7、331 和 661.4 根/ cm^2 。

表 1 不同时期的第一片真叶、叶柄和茎段的茸毛密度

Tab.1 Trichome density of first leaf, leafstalk and stem segment of different period 根/ cm^2				
时期 Period	N1	N2	N3	N4
一叶一心期	26.2a	14.0a	722.0a	637.0a
二叶期	20.9ab	11.4ab	615.3a	569.0ab
三叶期	18.3abc	7.6cd	328.3b	557.7ab
四叶期	9.7cd	6.9d	209.3b	516.3b
五叶期	15.4bcd	10.9abc	286.7b	413.3c
六叶期	13.4bcd	6.4d	229.3b	411.0c
七叶期	9.3d	8.9bcd	307.0b	322.0d

注: N₁、N₂、N₃、N₄ 分别表示叶片正面、叶片背面、叶柄和茎段的茸毛密度。

Note: N₁, N₂, N₃ and N₄ indicate trichome density of the front, the back of leaf, leafstalk and stem segment respectively.



A. 9024 茸毛性状; B. 茎段横切面(10×10 倍)

A. Trichome character of 9024; B. Across section of stem segment.

图 1 辣椒 9024 茸毛性状

Fig.1 Trichome character of pepper 9024

表 2 七叶期不同部位的茸毛密度

Tab.2 Trichome density of different position at seven and a half leaves stage				
部位 Positon	N1	N2	N3	N4
第 1 叶	9.3c	8.9bc	307.0c	320.3g
第 2 叶	8.2c	5.7c	303.0c	356.7f
第 3 叶	9.9c	9.0bc	350.3c	488.0e
第 4 叶	8.8c	8.0c	452.7bc	616.7d
第 5 叶	19.9b	12.2ab	536.7ab	688.3c
第 6 叶	28.6ab	12.2ab	567.0ab	876.0b
第 7 叶	33.7a	13.6a	638.0a	981.7a

2.3 不同光强对茄子和辣椒叶片光合速率的影响

分别研究了不同光照强度下 2 种茄子和 5 种辣椒的净光合速率变化曲线,结果由图 2 可知,在光强小于 750 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$,随着光强的增加,7 种茄科作物的净光合速率也呈现上升的趋势,当光强大于 750 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$,5 种辣椒的净光合速率开始下降,2 种

茄子的净光合速率仍然上升,说明茄子的光饱和点要高于辣椒,而在 $1\ 250\ \mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 净光合速率仍未达到其最大值,据笔者将光强一直增大到 $1\ 750\ \mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 时,三月茄的净光合速率开始下降,其光饱和点在 $1\ 250\sim 1\ 500\ \mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 区域之间;与此同时,在测试区间内,尽管 5 种辣椒的净光合速率表现先上升后下降的趋势,但 9024 的净光合速率要远远高于其他辣椒,如在 $250\ \mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 的光强下,9024 的净光合速率为 $15.5\ \mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$,而 9025、9050、9049 和茄门甜椒分别为 $7\ 4.6\ 13\ 5.4\ \mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$;在 $750\ \mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 光强下,9024 达到最大净光合速率,为 $21.2\ \mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 。相同作用条件下 9025、9050、9049 和茄门甜椒的净光合速率分别只有 $13.8\ 8.8\ 13.1\ 14.6\ \mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 。说明 9024 既具有较强的耐弱光能力,且在合适的环境条件下能够充分、有效地利用光能。

2.4 同一光强下主要光合生理指标比较

植物的光合作用是吸收日光的能量同化 CO_2 和水合成有机物并释放氧的过程,气孔在这个过程中发挥着重要的作用。气孔是植物叶片与外界进行气体交换的主要通道,植物在光下进行光合作用,通过气孔吸收 CO_2 ,但气孔开张又进行着蒸腾作用,气孔根据外界环境条件的变化来调节自己开度的大小,以使植物在损失水分较少的条件下获取最多的 CO_2 。气孔导度表示的是气孔张开的程度,影响着植物的光合作用、呼吸作用及蒸腾作用。

本研究中,辣椒 9024 的净光合速率显著高于另外 4 种辣椒,究其原因,可通过对比辣椒 9024 和茄

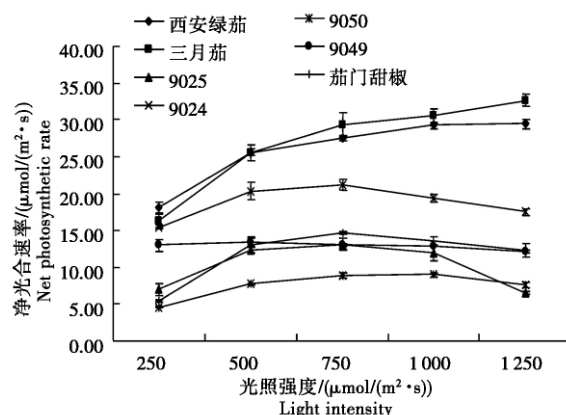


图2 不同光强对茄子和辣椒叶片净光合速率的影响

Fig. 2 Influence of different light intensity on net photosynthetic rate of leaves of eggplants and peppers

门甜椒的光合生理指标的差异进行总体分析。茄门甜椒的气孔导度较大,为 $0.157\ \text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$,导致其蒸腾速率最高,尽管在某种程度上可以避免水分胁迫,但其水分利用率很低,加上同化 CO_2 的能力不强,直接反映在光合效率低;相对而言,辣椒 9024 的 CO_2 的消耗量为 $39.8\ \mu\text{L}/\text{L}$,仅次于西安绿茄和三月茄,同时其水分利用率亦处于中等水平,综合其底物利用的相关性,即植物的净光合速率与 CO_2 消耗量直接相关,其动态变化反映植物进行光合作用能力的大小,使得在合适的光强下,辣椒 9024 具有较高的净光合速率。

另一方面,净光合速率与胞间 CO_2 浓度并无直接相关性,在三月茄上反映尤为明显,如其净光合速率要显著高于其他种,但胞间 CO_2 浓度仅高于西安绿茄,显著低于其他 5 个辣椒品系。

表3 主要光合生理指标

Tab. 3 Main photosynthesis indexes

材料 Material	净光合速率 $/(\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s}))$ Photosynthesis	蒸腾速率 $/(\text{mmol}/(\text{m}^2\cdot\text{s}))$ Transpiration	气孔导度 $/(\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s}))$ Stomatal Conductance	胞间 CO_2 浓度 $/(\mu\text{mol}/\text{mol})$ Internal CO_2	CO_2 消耗 $/(\mu\text{L}/\text{L})$ CO_2 consumption	水分利用率 $/(\mu\text{mol}/\text{mmol})$ Water utilization efficiency
西安绿茄	27.5b	0.3f	0.012g	387.0f	51.4b	91.6a
三月茄	29.4a	2.1b	0.087c	393.9e	56.5a	14.0c
9025	13.1e	0.6e	0.021f	403.7c	24.9e	21.8b
9024	21.2c	1.7c	0.068d	400.3d	39.8c	12.5d
9050	8.8f	1.5d	0.036e	407.4b	17.0f	5.8e
9049	13.1e	2.0b	0.203a	407.1b	24.3e	6.5e
茄门甜椒	14.6d	2.3a	0.157b	413.4a	28.9d	6.5e

3 讨论

关于茸毛性状,广泛分布在拟南芥、烟草、黄瓜、西瓜、番茄、马铃薯、棉花、水稻、花生、猕猴桃等植物中,其研究已成为抗蚜虫、抗病毒病育种的一大热点^[7,8]。李鑫等^[9]在研究亚比棉茎叶茸毛性状时认为,比克棉多茸毛基因具有显性作用,可通过杂交转移给后代。番茄茸毛避蚜作用则有不同的机理。胡

是林等^[10]认为番茄茸毛避蚜的原因在于植株上密生白色茸毛,使整个植株在阳光下反射出银灰色光;也有报道^[11]将番茄的茸毛分为 7 种类型,Ⅰ、Ⅳ、Ⅵ、Ⅶ 属于有腺体类型,通过分泌毒素趋避害虫;Ⅱ、Ⅲ、Ⅴ 属于无腺体类型,没有头部结构,通过建立屏障防御害虫。

另一方面,高光效育种也日益受到重视,而作为高光效育种的重要指标之一的光合速率,研究者分

别用不同作物予以阐述。如傅旭军等^[12]得出大豆结荚期单叶光合速率与产量显著正相关; 季俊杰等^[13]研究表明, 加工番茄的果实产量与花期叶片净光合速率和可溶性蛋白含量呈正相关; 刘永康等^[14]在研究 3 种不同株型小麦的形态和生理指标时得推断, 利用形态性状作为初选的鉴定指标, 而在较高世代进行光合生理性状的直接测定和筛选, 可能是高产小麦育种的有效策略之一。

以本研究为例, 辣椒 9024 具有稀有的浓毛性状, 其光合效率也非常高, 在所选的不同作物(2 种茄子、5 种辣椒) 和不同光强下(250, 500, 750, 1 000, 1 250 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$) , 9024 的净光合速率仅低于茄子, 但显著高于其他 4 种辣椒, 且在 250 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 的光强下, 9024 的净光合速率为 15.5 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$, 表明其能够耐弱光, 因此, 既可以利用其浓毛性状, 在抗病虫害方面开展研究, 也可通过进一步选育, 开发适合温室大棚栽培的耐弱光品种。

参考文献:

- [1] 刘金兵, 孙洁波, 赵华仑, 等. 辣椒紫色花丝花柱和茸毛性状纯系的选育初报[J]. 中国蔬菜, 1998, 3: 36.
- [2] 尚宏芹. 辣椒体表茸毛的形态结构与分布特点研究[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(1): 124–125.
- [3] 杜 锋. 辣椒茸毛性状的初步研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2004.
- [4] Kim H J, Jung-Heon H, Jin-Kyung K *et al.* Fine mapping of pepper trichome locus 1 controlling trichome formation in *Capsicum annuum* L. CM334 [J]. Theor Appl Genet, 120(6): 1099–1106.
- [5] Chaim A B, Borovsky Y, Jong W D *et al.* Linkage of the A locus for the presence of anthocyanin and fs10.1 a major fruit-shape QTL in pepper [J]. Theor Appl Genet, 2003, 106: 889–894.
- [6] 任 乐, 罗新兰, 李天来, 等. 日光温室温度对番茄叶面积扩展的影响[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(9): 2610–2612.
- [7] Bonierbale M, Plaisted R, Tanksley S. Genetic mapping and utilization of quantitative trichome-mediated insect resistance in potato [J]. Neth J Pl Path, 1992, 98(S2): 211–214.
- [8] Besser K, Harper A, Welsby N. Divergent regulation of terpenoid metabolism in the trichomes of wild and cultivated tomato species^{1FW[OA]} [J]. Plant Physiology, 2009, 149: 499–514.
- [9] 李 磊, 柴宝峰. 亚比棉茎叶茸毛性状研究[J]. 中国生态农业学报, 2004, 12(2): 58–60.
- [10] 胡是林, 张文淑, 杨庆林. 番茄新种质材料—茸毛番茄的获得[J]. 园艺学报, 1981, 8(2): 67–69.
- [11] Campos M L, Almeida M, Rossi M L *et al.* Brassinosteroids interact negatively with jasmonates in the formation of anti-herbivory traits in tomato [J]. Journal of Experimental Botany, 2009, 60(15): 4347–4361.
- [12] 傅旭军, 朱申龙, 李百权, 等. Li-6400 光合作用测定仪在大豆高光效育种上的应用研究[J]. 浙江农业科学, 2005, 6: 473–474.
- [13] 季俊杰, 胡春梅, 李浩宇, 等. 加工番茄高光效特性与其产量和品质的协调性研究[J]. 西北植物学报, 2008, 28(5): 1020–1025.
- [14] 刘永康, 李明军, 李景原, 等. 小麦旗叶直立转披动态过程对其高光效的影响 [J]. 科学通报, 2009, 54(15): 2205–2211.