

光周期遗传特性对青饲玉米植株生长的影响

乌艳红¹, 尚庆华¹, 姜 永¹, 潘翔磊¹, 孙雄松², 卢小良²

(1 内蒙古自治区赤峰畜牧研究所, 内蒙古 赤峰 024000; 2 华南农业大学 农学院, 广东 广州 510642)

摘要: 对华农 1 号青饲玉米组合的父、母本和 F_1 、 F_2 代杂交种以及 2 个对照品种共 6 个品系进行光周期敏感性测定, 并在内蒙古自治区进行长日照盆栽试验, 研究光周期对营养生长的影响. 光周期敏感性测定试验结果表明: (1) 6 个玉米类型存在显著光周期敏感性差异. 以最终叶片数(TLN)变化为指标, 可将 6 个玉米品系划分为光周期极敏感型、敏感型、相对敏感型、相对不敏感型等 4 个类型. (2) 长在内蒙古自治区日照条件下, 幼苗期(5 叶龄), 敏感型和相对敏感型的杂交 F_1 、 F_2 代品系在株高、茎粗、地上部干物质质量方面指标都较低, 收获期叶片较多, 上述指标均显著上升; 光周期相对不敏感型品种在幼苗期阶段的上述指标较高, 收获期阶段显著降低; 而光周期极敏感型品种在全生育期受长日照抑制, 植株生长较慢. 光周期敏感性可以在 F_1 代表达, 在 F_2 代出现分离.

关键词: 光周期; 遗传特性; 青饲玉米

中图分类号: S311

文献标识码: A

文章编号: 1001-411X(2004)S2-0036-05

Effects of photoperiod heredity character on plant growth in ensilage corn

WU Yan-hong¹, SHANG Qing-hua¹, JIANG Yong¹, PAN Xiang-lei¹,
SUN Xiong-song², LU Xiao-liang²

(1 Institute of Raising Livestock in Chifeng of Inner Mongolia, Chifeng 024000, China;

2 College of Agriculture, South China Agric. Univ., Guangzhou 510642, China)

Abstract: In this paper, the photoperiod sensitivity of 6 corn varieties was measured. Six corn varieties are male and female parents plants of Huanong No. 1, F_1 generation hybrid, F_2 generation hybrid and other two contrastive varieties. The effects of long-day photoperiod on plant growth were done in Inner Mongolia by pot culture. The results indicated that significant difference of photoperiod sensitivity was observed among 6 varieties. Based on the index of total leaf number (TLN), those varieties could be divided into four types: the extremely sensitive type, sensitive type, relatively sensitive type and relatively non-sensitive type. The results in pot culture experiment showed that the photoperiod significantly regulated shoot growth of the sensitive type, but had no significant effects on the relatively non-sensitive type. Under the conditions of long-day light in Inner Mongolia, the numbers of plant height, shoot dry mass, stem girth of sensitive ensilage corn were low in seedling stage (5-leaf period), but significantly increased in harvest stage. Being long-day light inhibition, the extremely sensitive type grew relatively slowly in all of its development stages. The results also indicated that photoperiod sensitivity appeared in F_1 generation and separated in F_2 generation.

Key words: photoperiod; heredity character; ensilage corn

青饲玉米是世界上最重要的饲料作物之一^[1]. 任何一种牧草都快. 自 Allard 等^[2]人提出植物的光国外的奶牛场饲料生产中, 青饲玉米的推广速度比 周期现象以来, 关于作物与光周期的研究已取得了

收稿日期: 2004-09-18

作者简介: 乌艳红(1967-), 女, 副研究员; 通讯作者: 卢小良(1954-), 男, 副教授.

长足的进展. 玉米是短日照植物, Francis 等^[3]人研究表明玉米对光周期反应有基因型差异, 对光周期敏感的品种的株高在长、短日照条件下的变化比不敏感的品种显著. 光照时间越长, 植株的营养生长量越大, 具体表现为叶片数量增加、茎节长度增长、植株干物质增加^[4]. 人们对于玉米受光周期影响的研究较多, 但主要集中在光周期对玉米生殖生长的影响. 关于光周期对玉米营养器官生长的研究不多. 光周期对玉米植株生长调节现象是否存在. 有没有可能延长营养生长期, 提高青饲料产量. 目前还鲜见报道. 本试验是光周期敏感测定、长日照条件下的植株生长试验, 以光周期敏感度不同的玉米自交系杂交, 取 F_1 、 F_2 代作为材料, 结合父本、母本和对照种探索长日照对不同光周期遗传特性青饲玉米的营养生长的影响.

1 材料与方法

1.1 材料

本试验选取甜玉米自交系 *Zea mays* L. var. *rugosa* Bonaf. cv. Tian No. 111, (母本, 简称甜 111)、墨西哥类玉米自交系 *Zea mexicana* Iltis cv. A1 (父本, 简称 A1) 及其杂交 F_1 代 (简称 F_1)、 F_2 代 (简称 F_2)、内蒙古青饲玉米对照种英国红 *Zea mays* L. cv. Yingguohong (简称 CK1)、南方对照种粤农 9 号 *Zea mays* L. cv. Yuenong No. 9 (简称 CK2) 作为材料.

1.2 方法

1.2.1 光周期敏感性测定试验 试验土壤采自广州华南农业大学南方草业中心试验基地, 试验采用塑料盆, 每盆装风干土 15.5 kg. 长日照 16 h 处理由

40 W 的白炽灯作为光源, 每 8 m² 面积使用 1 盏灯, 遮光设备采用木框, 用 0.5 mm 厚的黑膜双层覆盖. 人工光源通过影响光敏色素结构来影响植物的发育, 对植物营养的影响可忽略不计^[5]. 施芭田蓝色肥 (N、P₂O₅、K₂O 的质量比为 15:6:8, 总养分质量分数 > 29% 的复合肥) 6 g/盆. 试验设置 2 个光照处理 (短日照和长日照), 分别为 10、16 h, 每个品种、每个处理种植 3 盆 (3 次重复), 每盆 1 棵苗, 灯光源照 20 盆, 遮光木框内放置 20 盆, 随机区组排列, 盆间距为 50 cm × 50 cm. 记录植株抽雄后所有叶片数量, 把 2 个光照处理得到的成对数据用于统计. 由于叶片总数在雄穗分化时就已经固定不变, 因此常用来作为营养生长阶段的度量标准, 叶片数通常不受温度等其他环境因子的影响^[6].

1.2.2 长日照条件对 2 个生育期植株生长影响的试验 试验地点为内蒙古自治区赤峰市畜牧研究所试验场温室. 试验采用塑料盆, 每盆装风干土 15 kg (土壤主要化学性质见表 1), 每个品种种植 4 盆 (4 次重复), 2003 年 5 月 13 日每盆播种, 留 1 棵苗, 随机区组排列, 盆间距为 50 cm × 50 cm; 每盆施挪威产的复合肥 (N、P、K 的质量比为 15:15:15) 9.4 g, 设置光照时间为自然光照处理. 在幼苗期 (第 5 片叶刚露出来) 和收获期 (2003 年 9 月 19 日) 测定植株株高、叶片数、茎粗; 将植株地上部鲜样在 105 ℃ 条件下烘 30 min, 然后在 75 ℃ 烘干至恒质量, 测定地上部干物质质量; 所有数据均采用 Microsoft Excel 和 SAS 等统计软件进行方差分析和相关性分析, 并用 DMRT 法进行多重比较.

表 1 供试土壤的主要化学性质¹⁾

Tab.1 Main chemical property of the tested soil

项目	pH	w/(mg·kg ⁻¹)						
		有机质	全氮	有效氮	全磷	有效磷	全钾	有效钾
测定值	8.1	1.50 × 10 ⁴	9.61 × 10 ²	50.17	4.98 × 10 ²	2.25	8.05 × 10 ³	49.27

1) 土壤主要化学性质测定方法见《土壤农业化学分析方法》(鲁如坤, 2000)

2 结果与分析

2.1 光周期敏感性测定试验

从表 2 可以看出, 不同玉米品系分别在 10 h 光照和 16 h 光照处理下对光周期有不同的反映, 品系间差异极显著, 光照处理和品系间双因素交互影响的统计差异也达到极显著水平. 在 16 h 光照处理

下, 受抑制严重至不能抽雄, F_1 在长、短日照下叶片数差值为 9.0, 意味着在长日照下比短日照多分化出 9 片叶和 9 个节; 与此相对应, F_2 的叶片数差值为 4.3, 仅为 F_1 的 48%, 两者差异极显著, 其余品种、CK1、CK2 在长、短日照下叶片数差值仅为 1.17、0.33、0, 与前 2 个品系比较差异极显著, 其中♀的叶片数差值仅为 F_1 的 13%, 为 F_2 的 27%, 而 CK1 与

CK2 之间统计差异不显著。由此,大体上可将 6 个品系分为 4 种光周期类型:划分为极敏感型、杂交种 F_1 为敏感型、 F_2 为相对敏感型、CK1、CK2 为相对不敏感类型。 F_1 、 F_2 均遗传了双亲的特性,光周期敏感性介于双亲之间,呈连续性变异;从 F_2 与 F_1 的叶片数差值比较中可以看到, F_2 的光周期敏感性下降,有标准误差增加的趋势,遗传特性出现趋向的分离。

2.2 长日照条件对杂交组合植株生长影响的试验

试验统计结果(表 3)表明,在水肥条件一致时,由于前期受到长日照的抑制,光周期极敏感型的、光

周期敏感型的杂交种 F_1 和光周期相对敏感型的杂交种 F_2 等 3 个品系苗期的株高、地上部干物质质量显著低于光周期相对不敏感型的 CK1 和 CK2,茎粗指标显著低于 CK1 和 CK2;而在收获期,情况趋于相反,光周期敏感型的杂交种 F_1 的株高、茎粗、叶片数和地上部干物质质量显著高于相对不敏感的 3 个品种, F_1 的地上部干物质质量对 ♂ 的杂种优势为 239%,对 ♀ 的杂种优势为 252%;对 CK1 的竞争优势为 38%,对 CK2 的竞争优势为 193%,相对父、母本和对照种,叶片数增加 33%~42%,株高增加 26%~52%,

表 2 不同品种在不同光照处理下的叶片数差异¹⁾

Tab. 2 The leaf number distinction of different variety under different deal with light

品种	光照处理 ²⁾		品种	F		差值 ³⁾
	10 h	16 h		处理	交互	
墨西哥类玉米 A1	16.67 ± 0.289		96.61 ***	172.56 ***	58.02 ***	
杂交种 F_1 代(F_1)	16.67 ± 0.289	25.67 ± 0.289				9.00 a
杂交种 F_2 代(F_2)	17.33 ± 0.289	21.67 ± 0.577				4.34 b
甜 111	15.33 ± 0.289	16.50 ± 0.306				1.17 c
英国红(CK1)	15.67 ± 0.289	16.00 ± 0.500				0.33 c
粤农 9 号(CK2)	16.33 ± 0.289	16.33 ± 0.289				0.00 c

1)表中的数据为 3 次重复的平均值 ± 标准误;***表示 $0.001 < P < 0.01$;2)表中 16 h 光照处理下没有墨西哥类玉米数据,是由于收获时还没抽雄;3)同列数据后具有相同字母者表示差异不显著($P > 0.05$)

表 3 长日照条件下杂交组合植株生长表现¹⁾

Tab. 3 Different charaters of hybrid combination under long-day light

品种	株高/cm		茎粗/cm	
	幼苗期	收获期	幼苗期	收获期
墨西哥类玉米 A1	25.30 ± 1.15c	231.25 ± 8.87cb	1.10 ± 0.06c	6.98 ± 0.19cb
杂交种 F_1 代(F_1)	27.63b ± 0.66c	321.75 ± 19.86a	1.33 ± 0.08b	10.98 ± 0.53a
杂交种 F_2 代(F_2)	24.10 ± 1.35c	263.50 ± 9.36b	1.35 ± 0.03b	10.600.47 ± a
甜 111	29.480.14 ± ba	211.25 ± 5.74c	1.33 ± 0.05b	6.53 ± 0.60c
英国红(CK1)	31.43 ± 2.47ba	255.00 ± 24.11b	1.60 ± 0.04a	8.35 ± 0.77b
粤农 9 号(CK2)	31.78 ± 1.23a	223.25 ± 8.99cb	1.53 ± 0.04a	7.73 ± 0.19cb

品种	叶片数		干物质质量/(g·株 ⁻¹)	
	幼苗期	收获期	幼苗期	收获期
墨西哥类玉米 A1	5.00 ± 0.00A	14.50 ± 1.71B	0.125 ± 0.025d	255.475 ± 67.19c
杂种 F_1 代(F_1)	5.00 ± 0.00A	21.00 ± 1.08A	0.165 ± 0.014cd	865.975 ± 100.55a
杂种 F_2 代(F_2)	5.00 ± 0.00A	21.75 ± 1.06A	0.148 ± 0.023cd	564.575 ± 97.37b
甜 111	5.00 ± 0.00A	14.75 ± 0.25B	0.200 ± 0.041bc	245.500 ± 77.85c
英国红(CK1)	5.00 ± 0.00A	15.75 ± 0.75B	0.288 ± 0.005a	625.333 ± 71.28b
粤农 9 号(CK2)	5.00 ± 0.00A	15.50 ± 0.29B	0.233 ± 0.006ab	295.633 ± 55.83c

1)表中所表示的数据是 4 次重复的平均值 ± 标准误;相同指标下同列数据后具有不同小写字母表示差异显著($P \leq 0.05$),具有不同大写字母表示差异极显著($P \leq 0.01$)

茎粗增加 31%~68%,统计差异显著; F_2 为相对敏感型,光周期敏感度比 F_1 下降,杂交优势随着减少, F_2 地上部干物质质量对♂的杂种优势为 121%,对♀的杂种优势为 130%;对 CK2 的竞争优势为 91%,而对 CK1 的竞争优势为 -10%的负数;茎粗相对父母本和对照种增加 27%~52%,叶片数增加 38%~50%,株高增加 3%~25%,统计差异显著;光周期极敏感型品系,全生育期植株生长速度一直受长日照抑制,前期、后期的生长指标都在最差之列,统计差异显著;而光周期相对不敏感型品种、CK1、CK2,则幼苗期生长相对较快,后期生长空间有限,产量不高,植株的茎粗、叶片数都比 F_1 、 F_2 低,统计差异显著,干物质质量、株高指标也比不上 F_1 ,统计差异显著,CK1 的干物质质量、株高指标与 F_2 相比统计差异不显著。

3 讨论

3.1 光周期敏感性的差异与可遗传性

Francis 和 Hunter 等^[3,4]曾经在研究中采用叶片数(TLN)指标,将玉米分为敏感型、中间型和不敏感型 3 类。本试验运用了 TLN 变化指标来测定玉米的光周期敏感性,得到的结果与 Francis、Hunter 等人^[3,4]的研究结果类似。本试验中杂交 F_1 、 F_2 光周期敏感性测定的结果也表明,墨西哥类玉米和甜玉米的光周期敏感性可以遗传给后代, F_1 、 F_2 的光敏感特性在父母本之间,有连续变异、数量遗传的表现。由此,通过遗传,育成光周期敏感度适中的品种是可能的。

3.2 光周期对青饲玉米地上部营养生长的影响

(1)前人关于光周期对玉米影响的研究较多,主要集中在成花机理方面的研究,而关于光周期对玉米营养生长调控作用方面的研究报道不多。但是在大量的成花机理研究中,附带产生了光周期对植物营养生长调控机理的一些研究成果。Chailakhy^[7]曾经认为存在成花素,但经过几十年研究,人们有了新的认识,Kay 等人^[8]通过长期的研究发现光可能通过光受体这个“门”重调植物昼夜节律钟的时相,达到对数百种基因表达的调控;Weller 等和 Koomneef 等^[9]通过研究证实了多因子控制模型。青饲玉米对光周期敏感度引起地上部营养生长增加率的显著差异,可以从光信号通过光受体调节植物昼夜节律钟来调控基因表达,从而保持营养生长状态较高的代谢效率和光合速率等方面去探讨,因此,前人研究的

上述机理可能对青饲玉米高产栽培和育种的研究有重大的参考价值。

(2)本试验中,长日照对光周期相对不敏感青饲玉米品种、CK1、CK2 的地上部营养体生长影响不大,CK1、CK2 在苗期快速生长不受抑制,株高、茎粗、干物质质量等指标都明显高于光周期敏感的品系、 F_1 、 F_2 ;由于较早进入生殖生长阶段,在后期,营养体生长势头减弱,具体表现为叶片数和节数、株高、茎粗、干物质质量都明显少于 F_1 和 F_2 。

(3)长日照对光周期敏感青饲玉米品系的地上部营养体生长有显著的调控作用,这种调控作用表现为:在苗期,光周期敏感型 F_1 、相对敏感型 F_2 的地上部营养体生长受长日照抑制,株高、茎粗、干物质质量等指标都明显少于苗期的相对不敏感的品系♀、CK1、CK2,出现类似“蹲苗”的现象;在后期花芽分化后,长日照对植株地上部生长的抑制力大大减弱, F_1 、 F_2 的生命力旺盛,上述营养体生长指标则显著比相对不敏感的品系♀、CK1、CK2 增加,具体表现为叶片数和节数、株高提高,茎秆增粗、干物质质量增加。这些结果与 Hunter 等人^[4]的研究结果趋势相同。

(4)Ellis^[6]、Kiniry^[5]研究发现,在雄花分化(TI)后立即进行光周期实验,可测出光周期对后来的发育时间亦有重大的影响,然而这些影响在大田可被忽视,因为雄花分化前的影响较雄花分化后的影响大得多。本试验类似的结果可以作为长日照的调控作用原因的解釋:光周期极敏感型在整个生命期受长日照条件的强抑制,花芽一直不分化;而 F_1 、 F_2 由于光周期敏感度略低,长日照不能完全抑制其花芽分化,只能推迟花芽分化。由于花芽一直不分化,长期受长日照的抑制,生长发育慢,地上部营养体生长指标也一直处于参试 6 个品系的最低水平; F_1 、 F_2 正是由于前期的顶端优势只受适当抑制,产生类似“蹲苗”的效果,但分化出来的叶片原基数和茎粗增加,打好基础,花芽分化以后,抑制减弱,进入快速生长阶段,取得比 CK1、CK2 成倍增产的营养体;光周期相对不敏感青饲玉米品种♀、CK1、CK2 只受到较少的长日照调控,顶端优势强,拔节快引起茎粗下降,快速通过营养生长阶段,进入生殖生长阶段,营养体生长衰退,生物产量不高。参照 Ellis^[6]、Kiniry^[5]的研究发现,比较 F_1 、 F_2 和 CK1、CK2 的表现,可以推断,长日照对玉米的抑制作用取决于光周期敏感度大小的遗传特性,而且在花芽分化以前抑制作用强得多,花

芽分化以后大大下降. 由此分析, 光周期敏感度适中的遗传特性是长日照的调控作用取得增产效果的关键.

参考文献:

- [1] 梁祖铎, 等. 饲料生产学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1979. 60 - 67.
- [2] ALLARD H A. Complete or partial inhibition of flowering in certain plants when days are too short or too long[J]. J Agric Res, 1938, 57(3): 775 - 789.
- [3] FRANCIS C A, GROGAN C O, SPERLING D W. Identification of photoperiod in sensitive strains of maize[J]. Crop Sci, 1969, 9(5): 675 - 677.
- [4] HUNTER R B, HUNT L A, KANNENBERG L W. Photoperiod and temperature effects on corn[J]. Can J Plant Sci, 1974, 54(1): 71 - 78.
- [5] KINIRY J R, BONHOMME R. Predicting maize phenology [A]. Hodges Predicting crop phenology [C]. Boca Raton: CRC Press, 1991. 115 - 131.
- [6] ELLIS R H, SUMMERFIELD R J, EDMANDES G O, et al. Photoperiod, leaf number, and interval from tassel initiation to emergence in diverse cultivars of maize[J]. Crop Sci, 1992, 32(2): 398 - 403.
- [7] CHAILAKHY M H. Concerning the hormonal nature of plant development process[J]. Acad Sci URSS, 1937, 16: 227 - 230.
- [8] 高荣孚, 张鸿明. 植物光调控的研究进展[J]. 北京林业大学学报, 2002, 24(5/6): 235 - 243.
- [9] KOORNNEEF M, ALONSO-BLANCO C, PEETERS A J, et al. Genetic control of flowering time in Arabidopsis[J]. Annu Rev Plant Physiol Plant Mol Biol, 1998, (49): 345 - 370.

【责任编辑 周志红】