

文章编号: 1005-0906(2012)04-0058-06

遮荫对玉米遗传缺陷性空秆的诱发效果研究

钟雪梅, 史振声, 李凤海, 王志斌, 王宏伟,
吕香玲, 葛云霞, 黄海皎, 朱敏

(沈阳农业大学特种玉米研究所, 沈阳 110866)

摘要: 以容易发生空秆和不容易空秆的成对近等基因系、易发生空秆的杂交种、正常杂交种、自交系为试材, 采用人工遮荫方法进行光照胁迫, 对诱发空秆的光照因子及其胁迫效果进行研究。结果表明, 试验初步验证了玉米存在遗传缺陷性空秆现象, 弱光胁迫对不同品种均会造成空秆并随着遮荫强度增大而增加, 品种间差异很大。抽雄期至吐丝末期是玉米空秆对弱光胁迫的最敏感时期, 雌穗不能正常吐丝是造成品种异常性高比率空秆的主因, 结穗率降低是次要原因。易空秆近等基因系沈农 98A 空秆的光胁迫强度应在遮荫 38% 以下; 不空秆近等基因系沈农 98B 与正常自交系昌 7-2 的耐荫性相近, 诱发其空秆的光胁迫强度范围应在遮荫 38%~60% 之间; 在遮荫 75% 左右时, 东单 90、东单 80 与郑单 958 之间, 空秆率有明显区别。

关键词: 玉米; 遮荫; 空秆

中图分类号: S513.01

文献标识码: A

Inducing Effects of Shade on Genetic Defect Barren Stalk of Maize

ZHONG Xue-mei, SHI Zhen-sheng, LI Feng-hai, et al.

(Special Corn Institute, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866, China)

Abstract: Illumination factor inducing barren stalk and its stress effects were studied by the method of artificial shade using paired near-isogenic line of vulnerable and invulnerable barren stalk, hybrids prone to barren stalk and normal hybrid and its inbred line as experimental materials. The trial preliminarily verified that maize had phenomena of genetic defect barren stalk. The results showed that weak illumination stress could cause barren stalk to different varieties and varietal difference increased with the increasing of shading intensity. Abnormal spinning of females spike was the major reason to the high ratio of barren stalk and the secondary reason was the lower setting. The most sensitive period to illumination stress was tasseling stage to late spinning stage. Illumination stress intensity of Shennong98A should be below 38%. Shade tolerance of Shennong98B and Chang7-2 were similar, whose stress intensities should be between 38% and 60%. Rates of barren stalk of Dongdan90, Dongdan80 and Zhendan958 had obvious differences under 75% shading.

Key words: Maize; Shading; Barren stalk

空秆是玉米生产上常见的问题, 一般由 3 类苗、

缺肥、干旱、水涝、病虫危害等田间管理上的不利因素所致。但在特殊年份或正常年份的特殊地区时常会发生一种异常的空秆, 这种空秆的特点是植株生长健壮, 营养体发育正常, 但却不能正常形成果穗或正常结实, 且空秆比率要远远高于常见的一般性空秆。2010 年, 辽宁省玉米在个别品种上发生了严重的空秆现象, 面积达数百万亩, 轻的空秆率在 30% 以上, 重的达 50% 以上, 有的在上百亩地块上空秆率超过 90%。发生面积之大、区域范围之广、空秆比率之高为历史上前所未有。史振声等^[1]研究认为, 光照严重不足是造成 2010 年辽宁省部分玉米品种发

收稿日期: 2011-12-26

基金项目: “十二五”国家科技支撑计划项目 东北平原南部(辽宁)春玉米水稻持续丰产高效技术集成创新与示范”(2011BAD16B12)、辽宁省科技厅重大、重点项目 玉米高产、优质、多抗新品种选育”(011201018)

作者简介: 钟雪梅(1985-), 女, 博士, 从事玉米栽培及育种研究。

Tel: 024-88421178 E-mail: Xuemei.zhong@163.com

史振声为本文通讯作者。

生大面积空秆和严重秃尖的主要原因。经多年生产调查和 2005~2010 年栽培试验发现,特殊年份和地区发生的严重空秆问题仅出现在个别品种上,有的品种之间还存在一定的血缘关系^[2~5]。这种空秆现象可能与品种的遗传因素有关,即品种自身存在遗传缺陷。因此,本文以基因型不同的杂交种和自交系为试材,采用人工遮荫的方法对诱发空秆的光照因子及其胁迫效果进行研究,为耐荫玉米新品种选育以及生产上的品种选择提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

成对的近等基因系沈农 98A 和沈农 98B,由沈阳农业大学特种玉米研究所选育。沈农 98A 是具有空秆缺陷的自交系即在弱光条件下容易发生空秆,沈农 98B 结穗正常,自交系昌 7-2、杂交种郑单 958 结穗正常,单交种东单 80 和东单 90 有空秆缺陷。

1.2 试验设计

试验于 2011 年在沈阳农业大学南试验田进行。为了防止盆栽容易产生的小环境气温高、土温高、盆土昼夜温差小、土壤水分稳定性差等问题,试验采取在田间种植,在其上安装遮荫棚。裂区设计,遮荫处理为主区,品种处理为副区。行长 7.5 m,行距 60 cm,每小区 7 行,小区面积 31.5 m²。除东单 80 和东单 90 种植密度为 49 500 株/hm²外,其余均为 60 000 株/hm²,无重复。为避免品种间遮荫,按由矮到高的顺序排列,从西到东的顺序为昌 7-2、沈农 98A、沈农 98B、郑单 958、东单 80、东单 90。田间管理同大田。

1.2.1 遮荫强度设计

在分析 2009 年(正常年份)和 2010 年(空秆大发生年份)沈阳市气象资料的基础上设计不同的遮光强度,模拟 2010 年的寡照天气。以自然光照为对照(CK),设 3 个遮荫强度处理:处理 1 为遮荫 38%,处理 2 为遮荫 60%,处理 3 为遮荫 75%。遮荫时期为穗分化开始期(12 叶完全展开)至吐丝末期。

1.2.2 遮荫时期设计

近等基因系沈农 98A 和沈农 98B,在 60%遮荫强度下,设 3 个遮荫时期:前期遮荫,从第 12 叶完全展开至抽雄期遮荫;后期遮荫,从抽雄始期至吐丝末期遮荫;连续遮荫,从第 12 叶完全展开至吐丝结束连续遮荫;以不遮荫为对照。

1.3 测定项目与方法

1.3.1 田间小气候观测

使用 TES-1335 照度计、Li-6400 光合仪,于上午 10:00 测定光照度、CO₂ 浓度和相对湿度;使用普通温度计和地温计,分别于 8:00、12:00 和 17:00 测定各处理的冠层温度、地表温度和地表下 20 cm 温度。

1.3.2 空秆率和吐丝穗率调查

收获前,调查小区全区的株数和不结穗株数(结实少于 20 粒),计算空秆率;吐丝期至灌浆期,每隔 3 天调查一次吐丝穗数,计算吐丝穗率。

1.4 数据处理

采用 EXCEL 和 DPS 软件进行数据统计分析。

2 结果与分析

2.1 空秆发生年份与正常年份的光照比较

表 1 年际间光照条件比较

Table 1 The comparison of annual light conditions

时 期 Period	光照强度(lx) Light intensity			光照时数(h) Light hour		
	2011 年	2010 年	2009 年	2011 年	2010 年	2009 年
6 月下旬	75 871.32	74 971.15	75 548.08	93.70	93.10	91.80
7 月上旬	75 740.00	69 673.08	69 554.19	62.60	69.00	65.80
7 月中旬	65 312.13	68 291.35	63 432.00	71.70	52.40	70.20
7 月下旬	75 320.20	36 713.29	76 486.01	59.70	49.00	116.80
8 月上旬	72 157.38	56 580.19	73 480.77	63.80	65.10	95.00
平均值	72 880.21	61 245.81	71 700.21	70.30	65.72	87.92

空秆大发生的 2010 年与 2009 年、2011 年(正常年份)的光照条件比较表明(表 1),2010 年的光照强度和光照时数均低于 2009、2011 年,但不同阶段的差异有所不同。与 2009、2011 年相比,2010 年 6 月下

旬至 7 月中旬的光照强度差异较小,而正值玉米孕穗期的 7 月下旬和 8 月上旬光照强度显著低于正常年,其中,7 月下旬仅为 36 713.29 lx,分别比 2009、2011 年降低 52.00%、51.26%;8 月上旬仅为 56 580.19

lx, 分别比 2009、2011 年降低 23.00%、21.59%。从光照时数来看, 2010 年 7 月中、下旬的光照时数也明显短于常年。2009 年的光照时数为 87.92 h, 而 2010 年仅为 65.72 h, 是 2009 年的 75.3%。从不同阶段的光照时数来看, 6 月下旬至 7 月上旬年际间差异较小, 玉米孕穗期的 7 月中、下旬, 2010 年的光照时数显著低于正常年, 其中, 7 月中旬分别比 2009、2010

年降低 26.92%、25.36%, 7 月下旬分别降低 58.05%、17.92%。

2.2 遮荫胁迫对田间小气候的影响

表 2 结果表明, 遮荫处理后, 除了光照强度发生变化以外, 冠层温度、地表温度随之发生微小变化, 而冠层相对湿度、CO₂ 浓度与对照相比无差异。

表 2 不同遮荫处理玉米群体田间小气候变化

Table 2 Effect of different shading treatments on microclimate of maize population

遮荫强度(%) Shading intensity	光照强度(lx) Light intensity	CO ₂ 浓度 (μmol/mol) CO ₂ concentration	相对湿度(%) Relative humidity	群体内不同位置温度(°C) Temperature at different positions		
				冠层 Canopy	地表 Surface	土壤 Ground
0(CK)	75 871.25 a	368.28 a	69.18 a	29.05 ab	26.47 a	22.67 a
38	47 291.67 b	368.52 a	67.84 a	29.32 ab	25.13 ab	22.10 a
60	30 716.67 c	368.59 a	68.40 a	29.45 a	25.27 ab	21.60 a
75	17 346.60 d	368.63 a	73.00 a	28.85 b	23.70 b	21.57 a

注: 小写字母表示在 5% 水平上差异显著。

Note: The lowercase letters mean significant difference at 5% level.

2.3 遮荫胁迫对不同基因型玉米空秆率的影响

2.3.1 不同胁迫强度对玉米空秆率的影响

试验结果表明(图 1), 遮荫对杂交种和自交系空秆率均有明显影响。随着遮荫强度增大, 各品种的空秆率均呈增加趋势, 但增幅大小不同。3 个杂交种在自然光照(CK)下空秆率均为 0。在 38% 遮荫胁迫下, 东单 90 反应最敏感, 空秆率增加幅度最大, 达到 17.02%; 东单 80 和郑单 958 差异不大, 分别为 7.14%

和 5.26%。遮荫强度增加到 60% 时, 各品种空秆率继续增加, 分别达 50%、50% 和 30%, 但变化趋势差异不大, 说明中度、轻度遮荫均使空秆率增加, 尤其对东单 90 和东单 80 的影响较大。当遮荫强度增加到 75% 时, 品种间差异明显, 其中, 东单 90 和东单 80 空秆率显著增加, 达到 100%, 郑单 958 为 52%, 说明在重度遮荫条件下, 郑单 958 的耐荫性相对较强, 而东单 90 和东单 80 耐荫性很差。

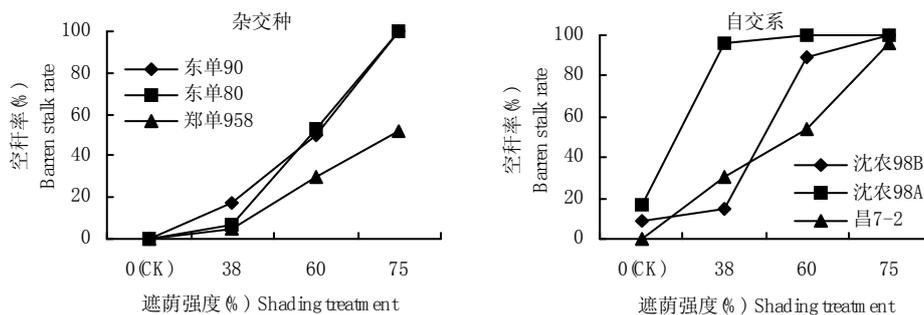


图 1 不同遮荫胁迫强度对玉米空秆率的影响

Fig.1 Effect of different shading stresses on barren stalk rate of maize

在 3 个自交系中, 沈农 98A 对遮荫反应最敏感, 沈农 98B 次之, 昌 7-2 最弱。遮荫 38%、60% 和 75% 这 3 个处理的空秆率, 沈农 98A 分别为 95.74%、100% 和 100%, 沈农 98B 分别为 14.29%、88.89% 和 100%, 昌 7-2 分别为 30.61%、53.85% 和 96.00%。在遮荫 38% 条件下, 沈农 98A 与其近等基

因系沈农 98B、自交系昌 7-2 相比, 对弱光胁迫更敏感; 遮荫 60% 条件下, 沈农 98B 空秆率明显增加, 结果与沈农 98A 没有大差异。可以推测, 诱发沈农 98A 空秆的光胁迫极限值应在遮荫 38% 以下且接近 38%; 诱发沈农 98B 空秆的光胁迫范围应在遮荫 38% ~ 60% 之间。在同样光胁迫强度下, 品种间空秆

率差异较大,尤其是在沈农 98A 与沈农 98B、昌 7-2 之间更明显。

2.3.2 不同时期遮荫对近等基因系沈农 98A 和沈农 98B 空秆率的影响

由表 3 可以看出,60%遮荫条件下,不同时期遮荫沈农 98B 和沈农 98A 空秆率的变化趋势相似。前

期遮荫空秆率最小,分别为 20.83%和 9.03%;后期遮荫和连续遮荫均会造成两个品系空秆率显著增加,其中,沈农 98B 后期遮荫的空秆率为 100%,大于连续遮荫 88.89%的空秆率,而沈农 98A 两个时期遮荫的空秆均为 100%。可见,抽雄期至吐丝末期是玉米对弱光的最敏感期。

表 3 不同时期遮荫沈农 98A 和沈农 98B 空秆率比较

Table 3 Comparisons on barren stalk rates of Shennong 98A and Shennong 98B at different shading periods

品种 Variety	遮荫时期 Shading period	空秆率(%) Barren stalk rate	结穗率(%) Ear setting rate	品种 Variety	遮荫时期 Shading period	空秆率(%) Barren stalk rate	结穗率(%) Ear setting rate
沈农 98B	不遮荫(CK)	8.70	91.30	沈农 98A	不遮荫(CK)	17.00	83.00
	前期遮荫	9.03	90.97		前期遮荫	20.83	79.17
	后期遮荫	100.00	0.00		后期遮荫	100.00	0.00
	连续遮荫	88.89	11.11		连续遮荫	100.00	0.00

2.4 遮荫胁迫对不同基因型玉米吐丝穗率的影响

2.4.1 不同胁迫强度的吐丝穗率动态变化

吐丝是结穗的先决条件,吐丝穗率越低,空秆率越高。图 2、图 3 表明,各遮荫时期自交系、杂交种的

吐丝穗率均受到较大影响。随着遮荫强度的增加吐丝穗率均呈下降趋势,6 个材料的吐丝穗率均表现为 CK> 遮荫 38%> 遮荫 60%> 遮荫 75%,严重的几乎停止吐丝。

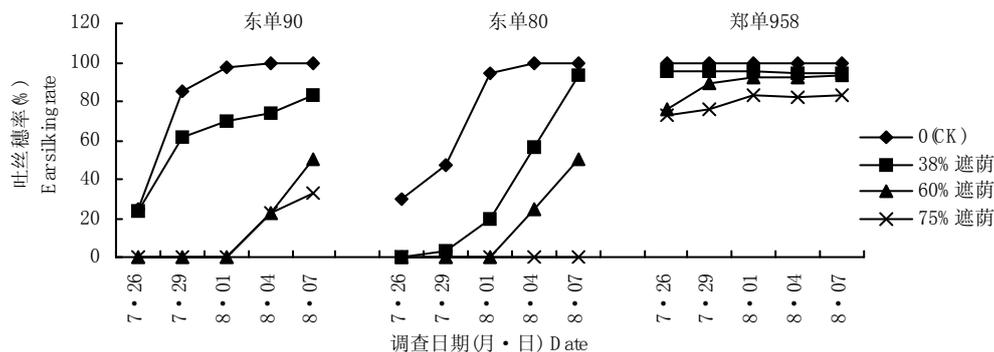


图 2 不同遮荫胁迫强度玉米杂交种吐丝穗率的动态变化

Fig.2 Dynamic changes of ear silking rate of different hybrids under different shading stresses

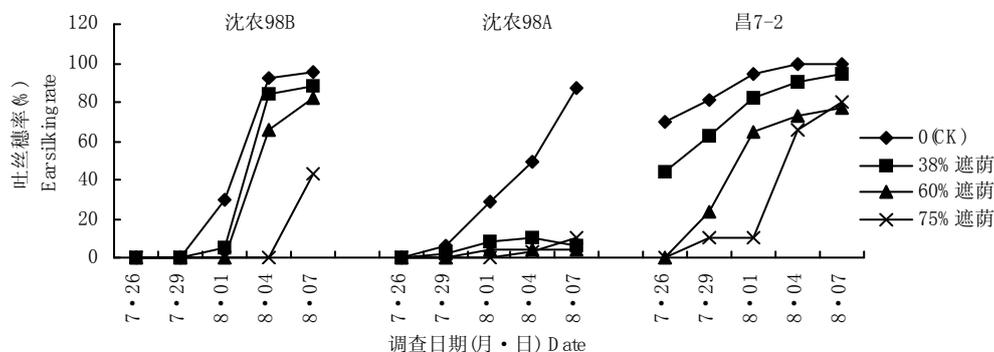


图 3 不同遮荫胁迫强度玉米自交系吐丝穗率的动态变化

Fig.3 Dynamic changes of ear silking rate of different inbred lines under different shading stresses

从各材料的生育进程来看,3 个处理的吐丝期(50%以上吐丝)除郑单 958 未受影响外,其余 5 个材

料均有所推迟,但推迟时间长短因处理和材料不同而异。吐丝穗率的下降幅度在不同材料间存在较大

差异。吐丝末期,3个杂交种的吐丝穗率郑单958降幅最小,遮荫38%、60%和75%这3个处理分别较对照低5.71%、6.90%和17.14%;东单90吐丝穗率降幅次之,东单80吐丝穗率降幅最大,两者分别较对照低17.02%、50%、66.67%和7.15%、50%、100%。说明在遮荫60%、75%情况下,郑单958的耐荫性较东单90和东单80更强。遮荫75%条件下,东单90吐丝穗率较低,仅为30%,而东单80的吐丝则处于停止状态,说明遮荫会严重抑制东单90和东单80吐丝,但能否影响到花丝的授粉能力还有待进一步研究。

由图3可以看出,随着生育进程的推进,沈农98B和昌7-2各处理的吐丝穗率逐渐增加,只有沈农98A几乎处于停顿状态。随着遮荫强度的增加,75%遮荫造成沈农98B和昌7-2吐丝期推迟,均比对照推迟3d左右,其他处理变化不大。至吐丝结束,各处理中沈农98B、昌7-2的吐丝穗率显著高于沈农98A,分别为87.76%、82.14%、43.33%和94.29%、76.67%、80.00%,而沈农98A的吐丝穗率均低于10%,说明沈农98A对遮荫胁迫特别敏感。结合空秆率分析认为,吐丝穗率降低是造成沈农98A高比率

空秆的主要原因。

2.4.2 不同时期遮荫对吐丝穗率的影响

表4结果表明,不同时期遮荫均会造成两个自交系的吐丝穗数下降,但不同自交系间、不同遮荫强度间差异很大。不同时期遮荫的吐丝穗率高低顺序为不遮荫>前期遮荫>连续遮荫>后期遮荫。后期遮荫的吐丝穗率大幅度下降,沈农98A和沈农98B的下降幅度均接近100%,而前期遮荫下降幅度分别为10.75%和0.93%。表明前期遮荫结束后恢复自然光照,并不会影响雌穗吐丝能力并且达到或接近自然光照下的吐丝水平。前期遮荫及连续遮荫的吐丝穗率下降幅度低于后期遮荫处理,说明抽雄至吐丝期末期是影响玉米吐丝的关键时期。两个近等基因系之间比较,沈农98A下降幅度大,沈农98B下降幅度相对较小。在连续遮荫条件下,沈农98B的吐丝穗率比对照下降13.53%,而沈农98A则高达95.59%,两者间对光照敏感程度的差异显然是基因型所致。对于连续遮荫的吐丝穗率高于后期遮荫,可能是植株长期处于弱光环境下而适应的结果。这一情况有待于进行深入研究。

表4 不同时期遮荫对沈农98A和沈农98B吐丝穗率的影响

Table 4 Changes of ear silking rate of Shennong 98A and Shennong 98B at different shading periods

品种 Variety	遮荫时期 Shading period	吐丝穗率(%) Ear silking rate	比CK±(%) ± (%) than CK	品种 Variety	遮荫时期 Shading period	吐丝穗率(%) Ear silking rate	比CK±(%) ± (%) than CK
沈农98B	不遮荫(CK)	95.00	-	沈农98A	不遮荫(CK)	87.14	-
	前期遮荫	94.12	-0.93		前期遮荫	77.78	-10.75
	后期遮荫	0.00	-98.95		后期遮荫	0.00	-98.85
	连续遮荫	82.14	-13.53		连续遮荫	3.85	-95.59

2.5 不同遮荫胁迫下吐丝穗率与结穗率的比较

通常将单穗结实少于20粒的定义为空秆,因此空秆率与结穗率密切相关。表5结果表明,遮荫强度对吐丝穗率和结穗率的影响相似,即不同遮荫强度均使吐丝穗率和结穗率下降,因品种不同下降幅度不同。对遮荫胁迫敏感的材料东单90、东单80和沈农98A的吐丝穗率与结穗率之间差异不大,进一步

证实弱光条件下吐丝穗率降低是造成这类材料高比率空秆的主要原因。在中度、重度遮荫胁迫下,空秆率较低的材料郑单958、沈农98B和昌7-2的结穗率要远低于吐丝穗率,可见有部分植株虽吐丝但未能正常授粉结实,说明其空秆不仅与雌穗、雄穗发育有关,而且还与其他因素有关,对此有待于进一步研究。

表5 不同遮荫胁迫的吐丝穗率与结穗率比较

Table 5 Comparisons on ear silking rate and ear setting rate under different shading stresses

杂交种 Hybrid	遮荫强度(%) Shading intensity	吐丝穗率(%) Ear silking rate	结穗率(%) Ear setting rate	自交系 Inbred line	遮荫强度(%) Shading intensity	吐丝穗率(%) Ear silking rate	结穗率(%) Ear setting rate
东单90	CK	100.00	100.00	沈农98B	CK	95.00	91.30
	38	82.98	82.98		38	87.76	85.71
	60	50.00	50.00		60	82.14	11.11
	75	33.33	0.00		75	43.33	0.00

续表 5 Continued 5

杂交种 Hybrid	遮荫强度(%) Shading intensity	吐丝穗率(%) Ear silking rate	结穗率(%) Ear setting rate	自交系 Inbred line	遮荫强度(%) Shading intensity	吐丝穗率(%) Ear silking rate	结穗率(%) Ear setting rate
东单 80	CK	100.00	100.00	沈农 98A	CK	87.14	83.00
	38	92.86	92.86		38	5.71	4.26
	60	50.00	47.00		60	3.85	0.00
	75	0.00	0.00		75	10.00	0.00
郑单 958	CK	100.00	100.00	昌 7-2	CK	100.00	100.00
	38	94.29	94.74		38	94.29	69.39
	60	93.10	70.00		60	76.67	46.15
	75	82.86	48.00		75	80.00	4.00

3 结论与讨论

玉米作为高光效的 C_4 作物,光照不足则影响植株的正常发育,特别是结穗和结实性受到影响。前人研究表明,不同程度遮荫对玉米的生长、发育、形态建成及其生理机制有明显影响且十分复杂,不同材料对遮荫的反应也存在较大差异^[6~10]。

研究结果表明,不同强度的遮荫胁迫对所有材料均可诱发产生空秆。空秆比率高低与胁迫强度大小相一致,与材料的耐荫性强弱有密切关系。沈农 98A、东单 80 和东单 90 属于易发生空秆的杂交种和自交系即空秆型品种(系),其中沈农 98A 是与不空秆自交系沈农 98B 对应的近等基因系。与不空秆杂交种郑单 958、自交系沈农 98B、自交系昌 7-2 相比较,空秆型材料在 3 个方面显示出明显差异,在相同强度光胁迫下,发生空秆的比率大大高于不空秆型品种;诱发空秆的光胁迫强度低于不空秆型品种(系);发生高比率空秆的光胁迫强度界限明显,进一步验证了玉米遗传缺陷性空秆的存在。

试验初步确定,诱发沈农 98A 空秆基因表达的光强度应在遮荫 38% 以下;诱发沈农 98B 和昌 7-2 空秆基因表达的光强度范围应在遮荫 38%~60% 之间,遮荫 38% 以上且接近 38% 的光照胁迫是区分沈农 98B、昌 7-2 与沈农 98A 的界限光强;3 个杂交种中,郑单 958 对弱光的适应性相对较强,特别是遮荫 75% 时东单 90 和东单 80 基本空秆,而郑单 958 空秆率只有 50%。

抽雄期至吐丝末期是玉米空秆对弱光胁迫最敏

感时期。这时期的弱光胁迫将产生大量不吐丝或吐丝严重不良而形成空秆,其中吐丝穗数降低是弱光敏感品种大量空秆的主要原因。结穗率降低也是发生空秆的重要原因,结穗率下降不仅与雌穗发育有关,还与雄穗发育的大小及发育早晚等因素有关。

遮荫胁迫对玉米空秆的影响较为复杂。对于空秆形成的生理机制、遮荫胁迫下的幼穗分化、遗传缺陷性空秆的遗传规律以及空秆胁迫的光强极限的精准确定等需要进一步研究。

参考文献:

- [1] 史振声,李凤海,张世煌,等. 极端气候条件下辽宁省晚熟玉米品种的风险性评价[J]. 玉米科学, 2011, 19(5): 100-104, 109.
- [2] 史振声,等. 辽宁玉米中熟、中晚熟与晚熟品种的产量性能比较与分析[J]. 玉米科学, 2008, 16(6): 6-10.
- [3] 张永亮,史振声,等. 玉米不同株型品种的栽培密度研究进展[J]. 玉米科学, 2008, 16(增刊): 124-127.
- [4] 张 飞,史振声,等. 种植密度对丹玉 39 产量的影响[J]. 种子, 2009, 28(7): 87-89.
- [5] 陈 亮,史振声,等. 辽宁省不同熟期玉米品种的产量及其相关性状比较[J]. 种子, 2010, 29(5): 68-71.
- [6] 赵久然,陈国平. 不同时期遮光对玉米子粒生产能力的分析及子粒败育过程的观察[J]. 中国农业科学, 1990, 23(4): 28-34.
- [7] 李潮海,栾丽敏,尹 飞,等. 弱光胁迫对不同基因型玉米生长发育和产量的影响[J]. 生态学报, 2005, 25(4): 824-830.
- [8] 张吉旺,董树亭,王空军,等. 大田遮荫对夏玉米淀粉合成关键酶活性的影响[J]. 作物学报, 2008, 34(8): 1470-1474.
- [9] 王 洋,齐晓宁,邵金峰,等. 光照强度对不同玉米品种生长发育和产量构成的影响[J]. 吉林农业大学学报, 2008, 30(6): 769-773.
- [10] 贾士芳,李从峰,董树亭,等. 花后不同时期遮光对玉米粒重及品质影响的细胞学研究[J]. 中国农业科学, 2010, 43(5): 911-921.

(责任编辑:姜媛媛)