

改变授粉时间对半多育型玉米杂交种果穗性状及¹⁴C 同化物分配的影响

李连禄 王美云 赵明 丁在松
(中国农业大学作物学院)

摘要 本研究以半多育型玉米杂交种农大高光效 1 号为材料, 以套袋方式控制上、下果穗的授粉时间, 探讨其对不同库位果穗性状及¹⁴CO₂ 同化物分配的影响。结果表明, 改变穗库间的授粉时间后, 尤其是第 2 果穗早于第 1 果穗 3 d 的授粉处理, 明显提高第 2 果穗的库强, 有利于双穗均衡、同步生长发育; 改变穗库的授粉时间使双果穗在穗长、穗粒数、穗重以及¹⁴CO₂ 同化物的分配上都较自然授粉明显增加。由此认为, 玉米在扩大单株库容、提高单株产量上还有很大潜力, 关键是采取育种、化控、栽培等技术手段解决双果穗同步抽丝或同步授粉的问题。

关键词 玉米; 授粉; 果穗性状; 同化物分配

分类号 S513; S311

Effects of Changing Pollination Time on Characters of Ears and ¹⁴C Assimilate Partition in Semi-Prolific Maize

Li Lianlu Wang Meiyun Zhao Ming Ding Zaisong
(College of Crop Science, CAU)

Abstract A semiprolific maize hybrid, Nongda Gaoguangxiao 1, was used to study the effects of controlling pollination time on characters of the ear and ¹⁴C assimilate partition by bagging the apical and subapical ear. The results showed that it was benefited to the balanced and synchronic development of the two ears through the shifting of pollination time, i.e., the subapical ear was pollinated 3 days earlier than the apical one. The length, number of kernels and weight of the two ears increased and the assimilate partition improved for the early pollination treatments in contrast with control. This fact suggested that there were lots of potential to increase the sink size and its yield of one plant of maize. It was critical to solve the synchronized silking and pollination of the two ears by breeding, chemical control and culture measures.

Key words maize; pollination; ear characters; assimilate partition

玉米是一种育性变幅较大的作物, 田间条件下单育型品种双穗株率一般不超过 20%, 而多育型品种双穗株率可达 70%~80%, 甚至更高。半多育型玉米是介于单育型和多育型之间的一类品种, 田间双穗株率一般为 30%~50%, 但由于受密度、光照及肥水条件的影响, 其双穗株率具有很大的弹性。在大田自然授粉条件下, 半多育型品种由于受第 1 果穗库位优势的影

收稿日期: 2000-08-13

李连禄, 北京圆明园西路 2 号中国农业大学(西校区), 100094

响,第2果穗除了成穗率较低外,还表现出明显的生长发育滞后现象,因而即使是双穗株也往往是上穗大下穗小的不均衡双果穗。

许多研究结果表明抽丝授粉落后是第2果穗败育或不能与第1果穗同步、均衡生长的直接原因。Sass研究了穗原基出现与其在植株位置上的关系后指出,第2果穗败育发生在授粉前后^[1]。Collins等观察到第2果穗与第1果穗的竞争受抽丝前2~3d的条件影响最大^[2]。综合国外70~80年代的研究结果,认为抽丝前一周至抽丝后4~5d的一段时间是决定第2果穗能否成穗的关键时期^[3~5]。换言之,上、下果穗达到相近的时间抽丝授粉是第2果穗成穗的关键。Durieux等研究了不同育型玉米顶果穗和第2果穗对产量的贡献,结果表明在高氮条件下,第2果穗的成穗率对产量的贡献最大,其次是双穗质量(重量和体积)^[6]。曹绍徽等以套袋并延迟授粉的方式,研究了控制授粉对果穗上、中、下籽粒质量的影响,认为改变授粉时间有利于提高果穗上部籽粒的竞争力和获得较充分的生长发育^[7]。

本试验拟通过控制上、下果穗的授粉时间,旨在调节第1果穗的库位优势并达到双穗的均衡生长发育,研究改变穗库间的授粉时间对果穗性状及¹⁴C同化物分配的影响,并在此基础上探索提高双穗质量的最适授粉时间,以便为人工调控玉米双穗均衡生长发育、提高双穗率提供理论依据。

1 材料与方法

试验于1998年在中国农业大学科学园进行。以半多育型玉米杂交种农大高光效1号为材料,04-20播种,大小行种植(90 cm + 40 cm),密度为52 500株·hm⁻²。玉米生长期给予良好的管理。

1.1 控制授粉时间处理

在玉米抽丝前,选择整齐一致植株的上、下果穗均套袋,待第2果穗接近完全抽丝后,对第1,2果穗做如下授粉处理:第2果穗和第1果穗同时授粉(C₀)及第2果穗早于第1果穗1d(C₁),2d(C₂),3d(C₃),4d(C₄),5d(C₅)授粉。以自然授粉植株为对照(CK)。以上每处理各为15株,成熟时按不同处理分别收获、考种。

1.2 ¹⁴CO₂示踪处理

在进行上述控制授粉的植株中,每处理随机选5株做¹⁴CO₂示踪处理。饲喂方法:将第1果穗之上叶用带盲端乳胶管的塑料袋套住,并将袋口用夹子密封。用注射器取配好的¹⁴CO₂ 80 mL(约80 Ci)从乳胶管处注入叶室内。待同化30 min后将剩余的¹⁴CO₂气体用碱液回收,并检测饲喂效果。

植株成熟时,按不同处理各部位进行分样、烘干、称重。将各部位烘干的试样粉碎,称取50 mg在BH1216型低本底αβ测量仪上测定活度(cpm)。并结合各部位的干重求出总放射活度(Bq)以及各部位活度占植株总活度的比率。

2 结果与分析

2.1 改变授粉时间对不同库位果穗性状的影响

2.1.1 不同库位果穗穗长、穗粒数和穗重的变化 由表1可以看出,改变穗库间的授粉时间

后对上、下果穗的穗长有明显影响。从同时授粉到第 2 果穗比第 1 果穗授粉时间提前 5 d 的各处理中, 其第 2 果穗长比对照的第 2 果穗长均有明显的增加, 且呈递增趋势, 即第 2 果穗每提前 1 d 授粉, 其穗长均有所增加; 而第 1 果穗的穗长在 C₀~ C₂ 处理呈下降趋势, 之后各处理变化不大; 还可以看出第 2 果穗比第 1 果穗提前 3 d 授粉(C₃)上、下穗的穗长几乎均等。

改变授粉时间后对穗粒数的影响表现为: 从 C₀~ C₅ 第 1 果穗的穗粒数呈下降趋势, 而第 2 果穗穗粒数呈增加趋势, 且当第 2 果穗比第 1 果穗提前 4 d 和 5 d 授粉时其穗粒数明显高于第 1 果穗。

改变授粉时间对不同库位果穗穗重(籽粒+ 穗轴)的影响与对穗粒数的影响大致相仿。从 C₀~ C₅ 第 1 果穗穗重呈下降趋势, 第 2 果穗呈增加趋势。C₃ 处理的上、下果穗的穗重相差甚微, C₀~ C₂ 各处理第 1 果穗重> 第 2 穗重, C₄~ C₅ 处理第 1 果穗重< 第 2 果穗重。

2.1.2 双果穗性状均值的变化 改变授粉时间后双果穗的平均穗长、平均穗粒数及平均穗重(籽粒+ 穗轴)也发生一定的变化(表 1)。从平均穗长看, 各处理双果穗的平均穗长均高于对照, 其中 C₁~ C₃ 处理之间的平均穗长没有变化, C₄、C₅ 处理比对照明显提高。平均穗粒数 C₁~ C₃ 处理均比对照高, 尤其是 C₃ 处理明显增加了平均穗粒数; 其他处理的平均穗粒数比对照呈不同程度下降, 说明这些处理第 2 果穗增加的穗粒数难以补偿因延迟授粉导致第 1 果穗穗粒率减少的效应。平均穗重, C₀~ C₄ 处理均具有正效应, 其中以 C₃ 最明显, C₁ 和 C₂ 次之, C₅ 处理的平均穗重比对照略有降低。

表 1 改变授粉时间对半多育型玉米不同库位果穗性状的影响

| 授粉处理 | 果穗位 | 穗长 l/cm | 双果穗平均穗长 l/cm | 穗粒数 | 双果穗平均 穗粒数 | 穗重 m/g | 双果穗平均穗重 m/g |
|----------------|--------|------------|-----------------|-------|--------------|-----------|----------------|
| CK | 第 1 果穗 | 19.7 | 16.5 | 687.2 | 470.1 | 221.3 | 133.3 |
| | 第 2 果穗 | 13.2 | | 253.0 | | 45.2 | |
| C ₀ | 第 1 果穗 | 18.8 | 16.7 | 605.4 | 458.2 | 197.9 | 136.5 |
| | 第 2 果穗 | 14.6 | | 310.9 | | 75.1 | |
| C ₁ | 第 1 果穗 | 18.0 | 17.1 | 532.8 | 471.6 | 180.9 | 140.7 |
| | 第 2 果穗 | 16.1 | | 410.4 | | 100.5 | |
| C ₂ | 第 1 果穗 | 17.4 | 17.1 | 502.3 | 473.2 | 162.6 | 144.9 |
| | 第 2 果穗 | 16.8 | | 444.1 | | 127.2 | |
| C ₃ | 第 1 果穗 | 17.0 | 17.1 | 486.2 | 480.5 | 154.6 | 151.4 |
| | 第 2 果穗 | 17.2 | | 474.8 | | 148.2 | |
| C ₄ | 第 1 果穗 | 16.9 | 17.4 | 438.4 | 469.0 | 128.2 | 139.2 |
| | 第 2 果穗 | 17.8 | | 499.6 | | 150.1 | |
| C ₅ | 第 1 果穗 | 16.9 | 18.0 | 380.9 | 444.1 | 104.8 | 131.5 |
| | 第 2 果穗 | 19.1 | | 507.2 | | 158.1 | |

2.2 改变授粉时间对玉米单株果穗性状的影响

表 2 的结果显示: 各处理的单株穗粒数以第 2 果穗比第 1 果穗早授粉 3 d 为最高, 比对照增加 2%, C₀ 处理单株穗粒数下降 2.5%, C₁、C₂ 略有增加; C₄、C₅ 处理由于导致第 1 果穗穗粒数下降幅度大, 第 2 果穗又难以弥补, 因而单株穗粒数甚至低于对照。

表2 改变授粉时间对半多育型玉米单株果穗性状的影响

| 授粉处理 | 单株穗粒数 | 比对照增减(±%) | 单株穗重 m/g | 比对照增减(±%) |
|----------------|-------|-----------|------------|-----------|
| CK | 940 2 | — | 266 5 | — |
| C ₀ | 916 3 | - 2 5 | 273 0 | + 2 4 |
| C ₁ | 943 2 | + 0 3 | 281 4 | + 5 6 |
| C ₂ | 946 4 | + 0 7 | 289 8 | + 8 7 |
| C ₃ | 961 0 | + 2 2 | 302 8 | + 18 0 |
| C ₄ | 938 0 | - 0 2 | 278 3 | + 4 4 |
| C ₅ | 888 1 | - 5 5 | 262 9 | - 1 4 |

从不同处理单株穗重的顺序看,为 $m(C_3) > m(C_2) > m(C_1) > m(C_4) > m(C_0) > m(CK) > m(C_5)$ 。第2果穗比第1果穗早3d授粉处理的单株穗重最高,比对照增加18%,因而是发挥单株最大产量潜力的最佳授粉时间处理。此外,从表2不难看出,改变授粉时间对单株穗重的效应大于对单株穗粒数的效应。

从不同处理对不同库位的穗长、穗粒数、穗重以及对单株穗粒数、单株穗重的作用效果综合分析看,以第2果穗比第1果穗提前3d授粉是最理想的授粉处理,它使上、下穗均衡、协调生长发育,且也是双穗互补性最好的处理。

2.3 改变授粉时间对¹⁴CO₂同化物在植株体内分配的影响

2.3.1 ¹⁴CO₂同化物在体内的分布 从C₀~C₅各处理对¹⁴CO₂同化物在不同穗库的分配结果看(表3),第1果穗籽粒及穗轴随第2果穗授粉时间提前的天数增加,活度呈下降趋势,而第2果穗籽粒及穗轴却呈增加趋势。在各处理中,C₃处理在第1果穗籽粒、第1果穗穗轴、第2果穗籽粒及第2果穗轴上的放射性活度差异不大,说明C₃处理4个部位的同化物积累能力比较平均和协调。

2.3.2 植株各部位的放射性活度比率 从表4的结果看,C₀~C₅处理第1果穗活度占全株总活度的百分比都低于对照,且随第2果穗授粉时间的不断提前,呈下降趋势;而第2果穗均高于对照,且随第2果穗授粉时间的不断提前,呈增加趋势。C₃处理第1、第2果穗的活度百分率相近。

表3 改变授粉时间对同化物在植株体内分布的影响

| 授粉处理 | 植株部位及放射活度/cpm | | | | | 全株 |
|----------------|---------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| | 第1果穗籽粒 | 第1果穗穗轴 | 第2果穗籽粒 | 第2果穗穗轴 | 植株其他部位 | |
| CK | 3 517 079 | 3 315 342 | 1 552 803 | 1 615 069 | 1 202 709 | 11 203 002 |
| C ₀ | 3 268 550 | 3 194 504 | 1 887 897 | 1 766 402 | 1 180 820 | 11 298 173 |
| C ₁ | 3 094 229 | 3 000 504 | 2 003 002 | 1 890 233 | 1 122 065 | 11 110 103 |
| C ₂ | 2 943 169 | 2 830 944 | 2 143 709 | 2 068 353 | 1 025 816 | 11 011 991 |
| C ₃ | 2 578 318 | 2 400 556 | 2 253 473 | 2 120 798 | 839 499 | 10 192 644 |
| C ₄ | 1 990 736 | 2 105 642 | 2 780 822 | 2 608 755 | 1 132 005 | 10 617 960 |
| C ₅ | 1 770 736 | 1 945 642 | 2 982 886 | 2 389 268 | 1 007 754 | 10 096 286 |

其他部位指叶片、根系、苞叶、茎秆等。下同。

表 4 改变授粉时间对植株各部位放射活度占全株总活度百分率的影响

/%

| 授粉处理 | 第 1 果穗 | 第 2 果穗 | 其他部位 |
|----------------|--------|--------|------|
| CK | 61.0 | 28.3 | 10.7 |
| C ₀ | 57.2 | 32.3 | 10.5 |
| C ₁ | 54.9 | 35.0 | 10.1 |
| C ₂ | 52.4 | 38.2 | 9.4 |
| C ₃ | 48.8 | 42.9 | 8.3 |
| C ₄ | 38.6 | 50.8 | 9.6 |
| C ₅ | 36.8 | 53.2 | 10.0 |

综上所述可以看出, 改变穗库间的授粉时间后导致同化物在植株体内的分配发生明显的变化, 合适的授粉时间有利于同化物向双果穗集中; 尤其是第 2 果穗早于第 1 果穗 3 d 的授粉处理, 在保持第 1 果穗一定的同化物积累能力基础上, 明显提高了第 2 果穗的库强, 使其同化物积累能力接近第 1 果穗。

3 讨论与结论

3.1 玉米高产的单株双穗途径

现代栽培条件下, 物资投入和管理水平较高, 获取高产要求源库充分协调, 库是否是限制因素值得深入研究。扩大库容不外乎通过增加单位面积密度和在一定密度下提高单株穗数两条主要途径。通过增加群体密度来扩大库容是国内目前玉米生产上的主要途径, 但群体密度的增加具有一定的阈限, 超过阈限不仅产量难有大的突破, 而且还会造成生产上的操作困难, 稳产性差。单株双穗途径在 50~60 年代国内有所研究, 但未能在实践中广泛应用, 主要是没有解决大小穗的问题, 在生产上推广意义不大。如何在一定的密度范围内, 充分应用新技术, 提高单株双穗率并使其均衡、协调生长发育, 最终解决大小穗的问题, 将是今后玉米获取高产、超高产值得探讨的途径。因此, 深入研究玉米的成穗机理并用以指导玉米的栽培和育种, 创造和发展提高玉米双穗率和双穗质量的新途径, 对于今后玉米获取高产、超高产具有重要的意义。

本研究以半多育型玉米为材料, 探讨了改变上、下果穗的授粉时间对其果穗性状和碳水化合物分配的影响。结果表明, 在常规密度下, 改变上、下果穗的授粉时间后, 半多育型玉米单株果穗间的产量并不是简单的互补效应, 而是具有明显的正效应。改变授粉时间后, 也有利于同化物向双果穗转移, 提高果穗对叶片、茎秆同化物的利用效率。Duriex 等的研究也表明, 高投入条件下, 第 2 果穗的成穗率和成穗质量对群体产量贡献最大^[6]。因此, 在现代投入水平和管理水平条件下, 只要在育种和栽培上解决好双穗同步抽丝、同步授粉的问题, 单株双穗栽培作为我国玉米生产上的高产、超高产途径将是可能的。

3.2 玉米单株穗库的生产潜力

单株双穗途径的技术关键是解决大小穗的问题, 也即在群体密度达到一定程度后, 第 2 果穗成穗困难或成穗的质量较差。如何在适度群体密度下, 挖掘第 2 果穗的生产潜力是取得群体和单株个体双丰收的关节点。前人的研究结果已证明玉米抽丝前 2~3 d 至抽丝后 4~5 d 的一段时间是决定第 2 果穗命运或成穗质量的至关重要时期^[2-5], 也就是说形成较高质量的第 2

果穗须使其在这一段时间不仅抽丝授粉时间接近第1果穗,且在体积和重量增长上也接近第1果穗。从本研究的结果可以看出,在适度的群体密度下,改变第2果穗的授粉时间后,尤其是第2果穗比第1果穗提前3d的授粉处理,使第2果穗的穗长、穗粒数、穗重等质量指标上都比对照有明显改善;这表明玉米抽丝授粉前后也是穗体积、穗重快速增长时期,适当推迟第1果穗的授粉时间有利于第2果穗的体积和重量快速扩增,进而达到双穗均衡生长发育的目的。因此,改变第2果穗的授粉时间或应用新技术提高第2果穗的生长发育速率是在一定群体密度下,提高单株穗库生产潜力的重要环节。

鉴于本研究仅采用半多育型玉米作为试验材料,未反映出单育型和多育型玉米杂交种对控制授粉的效应,但由半多育型玉米的试验结果可以推测,多育型玉米控制授粉的效应可能比半多育型玉米要好,而单育型玉米因库位优势差异较大,控制授粉的效应可能比半多育型玉米差一些。因此,从遗传和育种上挖掘单株穗库的潜力可能会起到事半功倍的作用。通过引进品种资源和进行育型改良,尽快选育出第1果穗和第2果穗生长发育差异较小、抽丝授粉相近的多育或半多育型品种,对于双穗栽培途径的广泛应用具有重要意义。密度和氮肥水平可能对控制授粉的效应产生不同程度的影响,本研究仅反映在大田常规密度下及常规肥水管理水平下的控制授粉效应,有关密度和肥水水平与控制授粉的互作效应,有待于今后深入研究。

参 考 文 献

- 1 Sass J E. The development of ear primordia of *zea* in relation to position on the plant. *Proc Iowa Acad Sci*, 1960, 67: 82~ 85
- 2 Collins W K, Russell W A. Development of the second ear of thirty-six hybrids of corn for silage. *Agron J*, 1965, 63: 46, 47
- 3 Earley E B, Lyons J C, Inselberg E, Maier R H, Leng E R. Ear shoot development of midwest dent corn (*Zea mays* L.). *Illinois Exp Sta Bull*, 1974, 747
- 4 Moll R H, Motto J F, Toledo J F. Prediction and inheritance of prolific expression in maize hybrids. *Maydica*, 1981, 26: 275~ 285
- 5 Prine G M. A critical period for ear development in maize. *Crop Sci*, 1971, 11: 369~ 386
- 6 Durieux R P, Kamprath E J, Moll R H. Yield contribution of apical and subapical ears in prolific and nonprolific corn. *Agron J*, 1993, 85: 606~ 610
- 7 曹绍徽, 王强生, 刘大江. 控制授粉对玉米台农351号果穗及子粒生育性状之影响. *中华农业研究*, 1990, 39(3): 165~ 173