

不同基因型玉米品种源库调节对 籽粒产量形成的影响^{*}

路海东¹, 薛吉全¹, 马国胜¹, 王满意², 贾育恒³, 任建宏⁴

(1 西北农林科技大学 农学院 玉米研究所, 陕西 杨凌 712100;

2 西北农林科技大学 生命科学学院, 陕西 杨凌 712100;

3 咸阳市农技中心, 陕西 咸阳 712100; 4 榆林学院, 陕西 榆林 719000)

[摘 要] 在45 000和75 000株/hm²两个密度下, 于吐丝期分别对大穗型玉米品种陕单902和小穗型玉米品种户单4号进行了剪50%叶、剪50%穗、断50%根等减源、减库处理, 研究不同类型玉米品种源库调节与籽粒产量形成的关系。结果表明, 减源处理对籽粒产量的影响大小为叶>根, 源库变化对籽粒产量影响大穗型品种为源>库, 小穗型品种为库>源; 在源库同时减少50%时, 两品种籽粒产量下降约50%。源不变, 库容减少, 源库比增加时玉米茎秆可溶性糖和物质残留率增加, 干物质积累量和籽粒产量下降20%~30%; 库容不变, 源减少, 源库比降低时玉米茎秆可溶性糖和物质产留率降低, 干物质积累量和籽粒产量同样下降20%~30%。始终维持源库在群体上的相对平衡是玉米高产栽培中的主要措施。

[关键词] 玉米; 基因型; 源库调节; 籽粒产量

[中图分类号] S513.01

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2004)09-0009-05

不断提高籽粒产量是玉米生产中的主攻目标之一, 而品种间籽粒产量的差异又归因于源库性状的不同^[1], 明确源库变化与籽粒产量的关系对于高产育种和栽培具有重要的指导意义。关于源库关系与籽粒产量的研究已有一些报道^[2~7], 一种观点认为, 不同栽培条件下高的穗粒数与高产相联系, 剪穗减库导致减产^[3, 4]; 另一种观点认为, 遮光剪叶和降低适宜叶面积指数导致产量下降, 主张增源是增产的主要途径^[5~7]。而徐庆章等^[2]认为, 低密度下群体库源比值较小, 主要是库限制了产量的提高, 高密度下库源比值偏大, 群体源是产量的主要限制因子。品种不同, 其自身的源库性状也不同^[8], 玉米籽粒产量的提高不但取决于外部环境条件的变化, 而且取决于品种自身的遗传特性, 只有外部环境与品种自身的遗传特性相吻合时, 品种的籽粒产量才能得到更大发挥。吐丝至成熟期是籽粒产量形成的关键时期^[9, 10], 本研究在大田群体栽培条件下, 于吐丝期分别对大穗型玉米品种陕单902和小穗型玉米品种户单4号进行剪叶、剪穗、断根等减源减库处理, 系统研究了不同类型玉米品种源库调节与籽粒产量形成

的关系, 为进一步优化栽培技术、挖掘玉米产量潜力提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试品种

选用大穗型玉米品种陕单902, 每穗总有效花数800左右, 穗粒数600左右; 小穗型玉米品种户单4号, 每穗总有效花数600左右, 穗粒数400左右。

1.2 试验设计

试验于2002年在西北农林科技大学农科院试验农场进行, 试验田地力均匀、肥力较高, 于06-17播种。分别设45 000和75 000株/hm²两个密度, 采用裂区设计, 品种为主区, 密度为副区, 每个小区种植10行, 行距66.7cm, 小区面积为6.67m×7m, 随机排列, 重复4次, 其中一个重复供取样测定用。

1.3 剪叶、剪穗、断根处理

在吐丝期进行8个处理, 每处理15株。

①剪叶: 在吐丝期剪去植株50%绿叶; ②剪穗: 在充分授粉后, 即吐丝后10d左右将果穗1/2处用剪刀剪断, 伤口用酒精消毒后用塑料袋包好;

^{*} [收稿日期] 2003-12-12

[基金项目] 陕西省科技攻关项目(96K01-G1)

[作者简介] 路海东(1975-), 男, 陕西杨凌人, 实习研究员, 在读硕士, 主要从事玉米栽培及生理研究。

③断根: 在吐丝后10 d 左右, 用铁锨铲除植株根系1/2(剪掉根系圆周的1/2, 深度为30 cm 左右); ④剪叶+ 剪穗; ⑤剪叶+ 断根; ⑥剪穗+ 断根; ⑦剪叶+ 剪穗+ 断根; ⑧对照(不做处理)。

1.4 测定项目

于吐丝期、成熟期分别测定单株叶面积和单株干重, 成熟期考种计产, 测定各品种千粒重与穗粒数。

2 结果与分析

2.1 源库调节对吐丝期干物质积累量的影响

群体密度的不同和源库关系的改变, 直接影响植株的光合物质生产, 从而使吐丝至成熟期单株干物质积累量(表1)因各源库变化的不同表现出一定的差异。由表1 可见, 断根处理的干物质积累量与对照差异不大, 剪叶减源、剪穗减库等处理的单株干物质积累量较对照减少8.25%~43.47%; 不同密度相比, 45 000 株/hm²的单株干物质积累量显著高于75

000 株/hm², 说明群体密度增加单株源供应能力下降, 光合物质积累量减少。不同类型品种相比较, 单株干物质积累量的变化规律基本一致, 均表现为减库(剪穗、剪穗+ 断根)> 减源(剪叶、剪叶+ 断根)> 减源、减库(剪叶+ 剪穗、剪叶+ 剪穗+ 断根)。可见, 吐丝期干物质积累量受源库比值和大小的影响, 干物质主要来源于叶片的光合作用, 叶源减少对干物质积累影响较大, 其次为库大小的影响, 而吐丝期根的大小对干物质积累无明显影响, 在源库同时减少时, 干物质积累最少。所以要提高玉米生物学产量就必须强源促库, 特别是提高叶源供应量。不同品种相比, 减源处理对干物质积累的影响程度为大穗型品种陕单 902 (30.8%)> 小穗型品种户单 4 号 (28.6%), 剪库处理对干物质积累的影响程度为小穗型品种户单 4 号 (20.9%)> 大穗型品种陕单 902 (12.4%), 说明植株在受外在环境因素调节的同时也受到自身遗传因素的调控, 不同品种受影响程度不同。

表1 吐丝至成熟期的单株干物质积累量

Table 1 The dry matter accumulation of single plant during the stage from spining to maturation

处理 Treat- ment	陕单902 Shaandan 902				户单4号 Hudan 4			
	单株干物质积累量/g			占CK/%	单株干物质积累量/g			占CK/%
	Dry matter accumulation of single plant				Dry matter accumulation of single plant			
	45 000 株/ hm ²	75 000 株/ hm ²	平均 A verage		45 000 株/ hm ²	75 000 株/ hm ²	平均 A verage	
①	91.3	98.1	94.7	65.13	108.8	66.0	87.4	69.61
②	131.1	124.1	127.6	87.75	112.0	81.5	96.8	77.13
③	153.2	141.7	147.5	101.44	144.2	99.6	121.9	97.13
④	82.7	81.6	82.2	56.53	92.3	66.6	79.5	63.25
⑤	107.9	105.2	106.6	73.31	101.3	82.0	91.7	73.07
⑥	123.2	130.9	127.1	87.41	113.7	89.8	101.8	81.12
⑦	105.8	86.5	96.2	66.16	103.6	68.9	86.3	68.76
⑧	150.5	140.3	145.4	100	159.8	91.2	125.5	100

2.2 源库调节对单株籽粒产量因素的影响

2.2.1 源库调节对单株籽粒产量的影响 籽粒产量受穗粒数和千粒重二因素的综合影响, 是品种丰产性的最终体现。从各品种单株籽粒产量结果(表2)看, 不同品种密度和源库处理间差异显著($F=58.827\ 03^{**}$)。从品种籽粒产量随不同源库处理的变化(表2)可以看出, 断根处理对籽粒产量的影响较小, 单株籽粒产量主要受叶源和库大小的影响, 不同类型品种影响程度不同, 大穗型品种陕单 902 减源(剪叶、剪叶+ 断根)处理的籽粒产量(64.53%)小于减库(剪穗、剪穗+ 断根)处理(73.83%), 小穗型品种户单 4 号减源处理的籽粒产量(64.98%)大于减

库处理(61.76%), 在同时减源、减库(剪叶+ 剪穗、剪叶+ 剪穗+ 断根)时, 籽粒产量最低, 约为对照的50%。说明吐丝期单株籽粒产量主要受叶源和库的影响, 不同类型品种受影响程度不同, 大穗型品种源> 库, 小穗型品种库> 源, 而源库同时下降的互作影响程度最大。不同密度相比, 随着密度的增加单株籽粒产量下降, 陕单 902 在75 000株/hm²的单株籽粒产量比45 000株/hm²减少46.9 g, 户单 4 号减少23.6 g。说明随着群体密度的增加, 源的供应能力受到限制, 单株籽粒产量下降, 但不同品种的影响程度不同, 大穗型品种> 小穗型品种。

表2 源库调节对单株籽粒产量的影响

Table 2 Effect of source-sink adjustment on yield of grain of single plant

处理 Treat- ment	陕单902 Shaandan 902				户单4号 Hudan 4			
	单株籽粒产量/g Grain of single plant			占CK/%	单株籽粒产量/g Grain of single plant			占CK/%
	45 000 株/ hm ²	75 000 株/ hm ²	平均 A verage		45 000 株/ hm ²	75 000 株/ hm ²	平均 A verage	
①	110.4	76.6	93.5	61.75	102.9	77.3	90.1	64.82
②	121.0	106.4	113.7	75.10	83.4	80.9	82.2	59.10
③	157.1	125.3	141.2	93.26	148.3	118.2	133.3	95.86
④	103.8	78.1	91.0	60.07	78.4	61.9	70.2	50.47
⑤	117.5	86.2	101.9	67.31	99.5	81.6	90.6	65.14
⑥	111.7	108.0	109.9	72.56	89.5	86.8	88.2	63.42
⑦	79.2	66.7	73.0	48.18	80.8	64.0	72.4	52.09
⑧	174.8	127.9	151.4	100	150.8	127.2	139.0	100

2.2.2 源库调节对千粒重的影响 源库改变后不同类型品种间千粒重的变化趋势基本相同,而不同处理间千粒重变化不同(表3)。不同密度间相比,45 000株/hm²的千粒重大于75 000 株/hm²;不同剪叶剪穗处理相比,剪穗> 剪穗+ 断根> 对照> 断根> 剪叶+ 剪穗> 剪叶+ 剪穗+ 断根> 剪叶> 剪叶+ 断根。库容不变,剪叶、剪叶+ 断根等减源处理的千粒重平均较对照减少17.2%~13.5%;源不变,剪穗

减库处理的千粒重比对照增加9.2%;源库同时减少时千粒重下降5.8%。说明源库变化与千粒重关系密切,密度增加,群体库容增加,源供应相对减少和剪叶减源时,千粒重减少;密度减少,群体库容减少,源供应量相对增加和剪穗减库时,千粒重增加。从千粒重的变化幅度可以看出,源库调节对千粒重的影响大小为源> 库,而源库在平衡情况下的进一步提高有利于千粒重的增加。

表3 源库调节对千粒重的影响

Table 3 Effect of source-sink adjustment on thousand grains weight

处理 Treat- ment	陕单902 Shaandan 902				户单4号 Hudan 4			
	千粒重/g Thousand-grain weight			占CK/%	千粒重/g Thousand-grain weight			占CK/%
	45 000 株/ hm ²	75 000 株/ hm ²	平均 A verage		45 000 株/ hm ²	75 000 株/ hm ²	平均 A verage	
①	264.9	250.9	257.9	91.32	250.2	251.2	250.7	83.21
②	335.7	309.8	322.8	114.29	311.9	311.7	311.8	103.48
③	287.4	277.5	282.5	100.01	303.9	281.1	292.5	97.08
④	290.2	259.4	274.8	97.31	303.4	278.1	290.8	96.50
⑤	252.7	234.4	243.5	86.24	252.6	240.5	246.6	81.83
⑥	328.5	304.1	316.3	112.00	315.9	313.9	314.9	104.51
⑦	256.8	247.0	251.9	89.19	301.9	273.2	287.6	95.44
⑧	302.5	262.2	282.4	100	312.2	290.3	301.3	100

2.2.3 源库调节对穗粒数的影响 穗粒数是籽粒产量的重要构成因素之一,不同源库变化后两种类型玉米品种的穗粒数不同(表4)。不同密度相比,45 000株/hm²的穗粒数明显高于75 000 株/hm²,可见随密度增加,单株源供应能力减少,穗粒数减少;减源、减库后穗粒数与对照相比也呈下降趋势,但不同品种处理的下降幅度不同。剪叶、剪叶+ 断根等减源处理后,大穗型品种陕单902 穗粒数下降21.87%~33.93%,小穗型品种户单4号下降21.42%~24

14%;剪穗减库处理后,大穗型品种陕单902 穗粒数下降33.93%,小穗型品种户单4号下降45.63%;剪叶+ 剪穗、剪叶+ 剪穗+ 断根等源库同时减少时,穗粒数下降幅度最大,平均为53.01%。说明减源、减库使穗粒数下降,但不同类型品种的下降程度不同,减源对穗粒数的影响程度为大穗型品种> 小穗型品种,而减库对穗粒数的影响程度为小穗型品种> 大穗型品种。

表 4 源库调节对穗粒数的影响

Table 4 Effect of source-sink adjustment on grains per spike

处理 Treat- ment	陕单 902 Shaandan 902				户单 4 号 Hudan 4			
	穗粒数 Grains per spike			占CK/%	穗粒数 Grains per spike			占CK/%
	45 000 株/ hm ²	75 000 株/ hm ²	平均 A verage		45 000 株/ hm ²	75 000 株/ hm ²	平均 A verage	
①	416.7	305.3	361.0	67.74	411.3	323.7	367.5	75.85
②	360.4	343.8	352.1	66.07	267.4	259.5	263.5	54.37
③	546.6	451.5	499.1	93.65	488.0	462.4	475.2	98.08
④	357.7	301.1	329.4	61.81	258.4	238.7	248.6	51.30
⑤	465.0	367.7	416.4	78.13	393.9	366.9	380.4	78.51
⑥	340.0	355.1	347.6	65.22	283.3	282.6	283.0	58.40
⑦	308.4	270.0	289.2	54.27	267.0	223.0	245.0	50.57
⑧	577.9	487.8	532.9	100	530.8	438.2	484.5	100

2.3 源库调节对茎叶鞘可溶性糖含量与物质残留率的影响

剪叶、断根减源处理后,植株的可溶性糖含量和物质残留率下降,降低幅度为陕单902(分别下降33.03%和33.26%)>户单4号(分别下降24.29%和26.95%);剪穗减库处理后,植株的可溶性糖含量和物质残留率升高,升高幅度为户单4号(分别升高

36.87%和40.63%)>陕单902(分别升高23.41%和18.13%)(表5)。说明源库调节使玉米植株内部物质运转发生了变化,减源使可溶性糖含量和物质残留率下降,减库使其增加。但不同品种受源库影响的变化不同,大穗型品种受源影响较大,小穗型品种受库影响较大。

表 5 不同处理植株茎叶鞘可溶性糖含量与物质残留率

Table 5 Dissoluble sugar and corporeal residue rate of stem leaf and scabbard in different treatments %

品种 Variety	密度/ (株·hm ⁻²) Density	可溶性糖含量占对照百分率 Dissoluble sugar			物质残留率占对照百分率 Corporeal residue rate		
		①	②	③	①	②	③
陕单 902 Shaandan 902	45 000	73.75	123.65	88.45	68.42	125.60	93.20
	75 000	62.19	123.17	74.13	67.05	110.66	76.95
	平均 A verage	67.97	123.41	81.29	67.74	118.13	85.08
户单 4 号 Hudan 4	45 000	76.68	135.24	97.81	89.02	124.77	84.72
	75 000	74.74	138.50	97.77	57.08	156.49	95.22
	平均 A verage	75.71	136.87	97.79	73.05	140.63	89.97

3 结论与讨论

3.1 源库调节对不同基因型玉米品种的影响

籽粒产量的形成与源库变化关系密切,明确源库在籽粒产量形成中的作用对玉米育种和栽培意义重大。Duvick^[3]认为,库对产量形成起主要作用,Andrade等^[5]则认为源的作用较强,而鲍巨松等^[8]认为,品种源库供应能力的强弱取决于品种自身的特性。本研究结果表明,源库对籽粒产量形成的影响不同类型品种表现不同,大穗型品种源>库,小穗型品种库>源。这主要是由于大穗型品种自身具有较大的籽粒库容,源库比值相对较小,减源后吐丝期干物质积累量和穗粒数减少幅度较大,而小穗型品种自身库容较小,源库比值相对较大,减库增加了吐丝期干物质积累量和穗粒数的减少幅度,在源库同时

减少时,籽粒产量、干物质积累量、穗粒数减少最多。所以,在育种中对大穗型品种应注重其叶片功能等源性状的选择,对小穗型品种应注重穗粒数等库性状的选择;在栽培中对于大穗型品种应适当减少密度,增加群体源供应能力,对小穗型品种应适当增加密度,提高群体库容,始终维持群体源库在高水平上的相对平衡。

3.2 源库调节与玉米籽粒产量形成的关系

本研究结果表明,源库比值不变而源库总量减少时,玉米籽粒产量和干物质积累量减少约50%;源不变,库容减少,源库比增加时,玉米茎秆可溶性糖和物质残留率增加,干物质积累量和籽粒产量下降20%~30%;库容不变,源增加,源库比减少时,玉米茎秆可溶性糖和物质残留率降低,干物质积累量和籽粒产量同样下降20%~30%。说明源库比值的变

化影响了玉米植株内部物质运转, 导致玉米籽粒产量发生变化。因此, 无论源库比平衡的破坏还是源库数量的减少, 均严重阻碍了玉米籽粒产量潜力的发挥, 只有在源库平衡状况下不断提高库和源的数量, 才是玉米进一步高产的关键。

3.3 不同源器官对籽粒产量的影响

玉米源主要分为地上部分和地下部分, 地上部分对籽粒产量形成影响最大的为叶片, 地下部分则

为根系。对玉米叶源^[5~7]和根系^[1]的单独研究已有不少报道, 但对二者同时进行系统比较研究较少。本研究通过在吐丝期进行剪叶、断根等减源处理后发现, 吐丝期源对籽粒产量的影响作用为叶>根。说明吐丝期籽粒产量主要来源于叶源的供应, 而根系对籽粒产量的影响只是间接作用。所以在吐丝期增加叶片光合面积, 提高叶片光合效率是玉米后期高产栽培的主要措施。

[参考文献]

- [1] 陆卫平, 张其龙, 卢家栋, 等. 玉米群体根系活力与物质积累及产量的关系[J]. 作物学报, 1999, 25(6): 318- 322
- [2] 徐庆章, 王忠孝, 杜成贵, 等. 玉米增库促源高产栽培理论的初步研究[A]. 佟屏亚 黄淮海玉米高产文集[C]. 陕西杨陵: 天则出版社, 1990. 147- 156
- [3] Duvick D N. Genetic rates of gain in hybrid maize yields during the past 40 years[J]. Maydica, 1977, 22(4): 187- 196
- [4] Uhart S A, Andrade F H. Nitrogen and carbon accumulation and remobilization during grain filling in maize under different source-sink ratios[J]. Crop-Science (USA), 1995, 35(1): 183- 190
- [5] Andrade F H, Uhart S A, Frugone M I. Intercepted radiation at flowering and kernel number in maize: shade versus plant density effects[J]. Crop-Science (USA), 1993, 33(3): 482- 485
- [6] Faustino F C, Julia J, Margate R C, et al. Trial on corn cultivation under shade; the influence of shade on the photosynthetic and yield potential of corn[J]. Philippine Journal of Crop Science (Philippines), 1997, 22(1): 21.
- [7] Senait-Asefa, Dejene Mekonen. Leaf removal and planting density effects on grain yield and yield components of maize (*Zea mays* L.) [J]. Ethiopian Journal of Agricultural Science (Ethiopia), 1992, 13(1- 2): 1- 8
- [8] 鲍巨松, 薛吉全, 马国胜, 等. 不同类型玉米源库特征研究[J]. 西北农业学报, 1993, 2(3): 51- 55
- [9] 薛吉全, 马国胜. 不同株型玉米物质生产和群体源库特征的研究[J]. 西北植物学报, 1995, 15(3): 234- 239
- [10] 薛吉全, 马国胜, 路海东. 密度对不同类型玉米源库关系及产量的调节[J]. 西北植物学报, 2001, 21(6): 1162- 1168

Effect of source-sink adjustment on yield of grain formation of different genotype maizes

LU Hai-dong¹, XUE Ji-quan¹, MA Guo-sheng¹, WANG Man-yi², JIA Yu-heng³, REN Jian-hong⁴

(1 Institute of Maize, College of Agronomy, Northwest Sci-Tech University Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2 College of Life Sciences, Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China;

3 Xianyang Agricultural Center of Technology, Xianyang, Shaanxi 712100, China; 4 Yulin College, Yulin, Shaanxi 719000, China)

Abstract: During spinning period, big-ear maize Shaandan 902 and small-ear maize Hudan 4 are respectively cut fifty percent of leaves, roots and spikes under 45000 and 75000 plant/hm². The results showed: Effectuated degree of treatments of reducing source on grain yields is that leaves are bigger than roots; Effectuated degree of changes of source and sink on grain yields is that, as to big-ear maize, source is bigger than sink and that, as to small-ear maize, sink is bigger than source; When source and sink were simultaneously cut 50%, grain yields of two types of maize decreased about 50%. When source kept unchanged, capacity of sink decreased and rates of source-sink increased, soluble sugar and rudimental rates of matter in stem increased, but accumulated quantity of dry matter and grain yield decreased 20%- 30%; When capacity of sink kept unchanged, source decreased and rates of source-sink decreased, soluble sugar and rudimental rates of matter in stem decreased, and accumulated quantity of dry matter and grain yield decreased 20%- 30%. It is obvious that keeping a relative balance between source and sink is an important measure in high-yield growth of maize

Key words: maize; genotype; adjustment of source-sink; yield of grain