

刘 荣, 张卫建, 齐 华, 等. 密植型玉米“中单 909”高产群体结构特征[J]. 江苏农业科学, 2013, 41(5): 56–59.

密植型玉米“中单 909”高产群体结构特征

刘 荣¹, 张卫建², 齐 华¹, 宋振伟², 贾 倩¹, 郑成岩², 吴亚男¹, 唐建华¹, 刘 颖¹

(1. 沈阳农业大学, 辽宁沈阳 110866; 2. 中国农业科学院作物研究所, 北京 100081)

摘要:以“中单 909”为材料, 通过不同种植密度研究了密植型玉米品种实现高产的群体结构特征。结果表明: 通过调节群体结构协调穗数与粒重之间的关系, 并解决高密度群体穗长减小、行粒数减少的问题, 是实现密植型玉米高产的关键。产量与种植密度、各时期叶面积指数(LAI)、光合势(LAD)、干物质积累量(DMA)的关系均呈抛物线型变化规律, 产量与开花期冠层内各层次透光率则呈指数曲线变化, 干物质积累动态符合逻辑斯蒂方程。密植型玉米品种的高产群体结构特征是: 最大叶面积指数(LAI_{max})、最大光合势(LAD_{max})分别为 7.37、125.24 万 m²·d/hm², LAI 大于 5 的持续时间在 50 d 以上, 穗期 LAI 和花粒期 LAI 分别为 5.9、6.7, 收获时的 LAI 仍能维持在 4.2 左右, LAD 高于 125.24 万 m²·d/hm² 时间在 40 d 左右; 单株干物质积累量在指数增长期、直线增长期和缓慢增长期分别为 45.84、212.05、236.36 g; 开花期穗位层次的适宜透光率和地面漏光率分别为 16.26% 和 0.99% 左右。

关键词: 玉米; 种植密度; 群体结构; 产量; 密植

中图分类号: S513.01 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2013)05-0056-04

玉米生产实践表明, 现有玉米品种产量潜力与大田生产中现实产量间存在着较大的差距^[1], 种植密度对群体结构和功能的影响要大于其他栽培措施^[2], 合理密植是减小这种产量差距的重要手段。迄今为止, 关于玉米群体结构的研究主要集中在不同群体的茎叶夹角、茎粗、光分布、叶面积指数等参数, 及与之相关的叶绿素含量、荧光特性等生理功能上。齐延芳等的研究表明: 单株叶面积(LA)、叶片叶绿素含量、光合速率、呼吸速率均随种植密度的增加而降低, 而叶面积指数(LAI)、群体光合势(LAD)则随种植密度的增加而提高^[3]。吕丽华等通过不同种植密度夏玉米冠层结构研究发现: 冠层内透光率、叶夹角、茎粗、叶绿素相对含量(SPAD 值)和净光合速率(P_n)均随着密度的增加而降低^[4], 说明高密度群体易造成群体内光分布不合理, 导致光合性能下降。通过这些参数来评价不同冠层结构的物质生产能力, 并通过对冠层光分布来构建合理的群体结构。这些参数与评价并未与产量建立直接的数量化联系。本试验以典型密植型玉米品种中单 909 为材料, 研究密植型玉米品种种植密度与产量关系及对群体结构的影响, 并对群体结构的主要参数与产量关系构建了量化标准, 从而阐明该类型品种实现高产的群体结构特征, 为玉米高产栽培提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验地条件

试验于 2010—2011 年在辽宁省沈阳市于洪区造化乡进

行, 地理位置为 41°54′N、123°54′E, 海拔 46 m。试验地属温带半湿润大陆性气候, 全年平均气温 8.3 ℃, 平均年降水量 630 mm, 全年无霜期 183 d。供试农田为棕壤土, 前茬作物为玉米。0~20 cm 耕层土壤有机质 11.23 g/kg、碱解氮 140 mg/kg、速效磷 17.94 mg/kg、速效钾 118.8 mg/kg。

1.2 试验设计

供试品种选用中熟、中穗型、耐密高产玉米品种中单 909。试验设置 5 个种植密度, 分别为 2.25 万、4.50 万、6.75 万、9.00 万、11.25 万株/hm², 采用单因素随机区组设计, 3 次重复。田间行距为 0.6 m、行长 10.0 m, 小区面积为 60 m²。种肥氮肥(尿素)用量为纯氮 99.0 kg/hm²、磷肥为磷酸二铵 163.5 kg/hm²、钾肥为氯化钾 250.5 kg/hm², 拔节期追施氮肥(尿素)纯氮 330.0 kg/hm²。其他管理与一般生产田相同。

1.3 测定项目及方法

叶面积指数(LAI)与光合势(LAD): 于苗期各小区均标记具代表性的玉米 5 株, 在苗后 15、35、55、75、95、115 d 活体测量叶面积(LA), 并计算 LAI。LA、LAI 和 LAD 分别采用公式(1)、(2)和(3)计算。

$$LA = \text{叶长} \times \text{叶宽} \times \text{矫正系数} \quad (1)$$

$$LAI = \text{单株叶面积} \times \text{单位面积株数} / \text{单位面积} \quad (2)$$

$$LAD = (LA_1 + LA_2) \times (t_2 - t_1) \times 1/2 \quad (3)$$

式(1)中: 全展叶矫正系数为 0.75, 未展开叶矫正系数则为 0.50; 式(3)中: t₁、t₂ 分别为测定叶面积的相邻时期, LA₁、LA₂ 则为时间 t₁、t₂ 时单位土地面积上的叶面积。

群体冠层光分布: 在玉米灌浆初期, 采用美国 LI-COR 公司生产的 LI-250A 型量子/辐射/照度计耦合 LI-191SA 线性光子传感器, 从地面起以 30 cm 为一个梯度分别测量冠层各层次光合有效辐射, 并以冠层顶部光合有效辐射为 100%, 计算各层次光分布百分比。计算方法为公式(4):

$$\text{透光率} = \text{某一层次光合有效辐射} / \text{冠层顶部光合有效辐射} \times 100\% \quad (4)$$

干物质的测定: 于苗后 15、35、55、75、95、115、135 d, 在各

收稿日期: 2013-03-03

基金项目: 国家“十二五”科技支撑计划(编号: 2011BAD16B14、2012BAD04B03); 国家重点基础研究发展计划(973 计划)(编号: 2009CB118601)。

作者简介: 刘 荣(1985—), 女, 山西大同人, 硕士, 主要从事玉米超高产理论与实践研究。E-mail: liurongshida@126.com。

通信作者: 齐 华, 教授, 博士生导师, 主要从事玉米超高产理论与实践等研究。E-mail: qihua10@163.com。

小区选取代表性植株 3 株,在 105 ℃ 杀青 30 min,80 ℃ 烘干至恒重后称重。

产量及产量性状:成熟期每个小区选取 4 行进行实收测产。各区分别连续收获 10 株果穗,待自然风干后进行考种,考察产量性状。

1.4 数据处理与分析

采用 Excel 2003 及 Curve Expert 1.30 软件进行数据处理与分析。

2 结果与分析

2.1 不同密度玉米群体的产量及相关性状

由表 1 可见,不同密度玉米群体产量之间存在显著差异,

且随着种植密度的增加产量呈抛物线型变化。其中,9.00 万、11.25 万株/hm² 2 个处理的产量显著高于其他 3 个处理,但两者间差异不显著,11.25 万株/hm² 的产量较 9.00 万株/hm² 下降了 2.5%;种植密度间穗粒数无显著差异,而穗数则随着密度增加而增加,不同密度间穗数存在显著差异;百粒重随着密度增加呈明显的下降趋势,但 2.25 万、4.50 万、6.75 万、9.00 万株/hm² 4 个密度间差异不显著,而 11.25 万株/hm² 与 2.25 万、4.50 万、6.75 万株/hm² 处理间存在显著差异。表明种植密度增加,虽然增加了单位面积穗数,但百粒重却明显降低,密度对穗粒数的影响不显著。通过合理密植协调穗数与粒重之间的关系,是实现中单 909 玉米高产的关键。

表 1 不同密度玉米产量及产量构成因素

密度 (万株/hm ²)	产量 (kg/hm ²)	穗数 (穗/hm ²)	穗粒数 (粒)	百粒重 (g)
2.25	7 245.77 ± 134.84d	40 730.71 ± 1 354.39e	531.80 ± 9.44a	33.52 ± 0.99a
4.50	10 782.32 ± 121.00c	61 381.33 ± 2 240.89d	527.99 ± 8.52a	33.42 ± 1.82a
6.75	12 018.05 ± 523.62b	70 624.35 ± 1 589.93c	519.04 ± 39.70a	33.02 ± 1.69a
9.00	13 142.23 ± 347.65a	88 469.90 ± 1 810.45b	495.34 ± 19.58a	30.07 ± 1.15ab
11.25	12 814.33 ± 196.43a	101 849.75 ± 307.51a	457.22 ± 3.73a	27.53 ± 0.59b

注:同列数据后不同的小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。表 2 同。

品种改良和栽培措施是提高玉米产量的 2 条根本途径,选育密植型品种与适当密植是提高玉米单产的总体趋势;但增加种植密度来挖掘玉米的增产潜力,对产量相关性状有一定影响。表 2 显示了不同种植密度玉米产量相关性状的变化:秃尖长随种植密度提高而增加,而穗行数、行粒数和穗长则呈现不同程度的下降趋势。其中 11.25 万株/hm² 与 2.25 万株/hm²、4.50 万株/hm² 与 6.75 万株/hm² 两组密度处理间的秃尖长差异显著,而其他密度处理间差异均不显著。各

密度处理间行粒数与穗长随着密度的增加而减小。其中,9.00 万株/hm² 与 11.25 万株/hm² 2 个处理的穗长差异不显著,但 9.00 万株/hm² 与 2.25 万、4.50 万株/hm² 处理的穗长存在显著差异,而 11.25 万株/hm² 处理与其他各处理的行粒数存在显著差异。穗行数随着种植密度的增加虽有下降,但处理间差异并不显著。由此可见,在一定种植密度区间内,穗长与行粒数呈现显著减小的趋势。解决高密度玉米群体的穗长减小、行粒数减少是实现高产至关重要问题。

表 2 不同密度玉米产量相关性状

密度 (万株/hm ²)	穗行数 (行)	秃尖长 (cm)	行粒数 (粒)	穗长 (cm)
2.25	16.51 ± 0.15a	0.81 ± 0.06b	32.22 ± 0.429ab	18.32 ± 0.16a
4.50	16.51 ± 0.13a	0.88 ± 0.19b	31.97 ± 0.39ab	18.18 ± 0.71a
6.75	15.93 ± 0.55a	0.99 ± 0.04b	32.51 ± 1.63a	16.78 ± 0.94ab
9.00	15.87 ± 0.24a	1.15 ± 0.11ab	31.20 ± 0.84ab	16.08 ± 0.17b
11.25	15.73 ± 0.35a	1.43 ± 0.06a	29.09 ± 0.55b	15.79 ± 0.19b

2.2 不同密度对玉米群体产量的影响

玉米产量与密度回归分析结果表明,产量(Y , t/kg/hm²)与种植密度(X , 万株/hm²)呈抛物线型变化规律,拟合的回归方程为: $Y = -0.110\ 62X^2 + 2.093\ 3X + 3.231\ 2$, $r = 0.994\ 5$, $F = 11.76^*$, 方差分析达到显著水平。由产量与密度关系可以看出,产量随密度变化比较大,可供选择的高产适宜密度范围较窄。

2.3 叶面积指数与产量的关系

玉米产量与不同时期群体 LAI (LAI_t) 呈抛物线型($Y = a + b \times LAI_t + c \times LAI_t^2$)变化规律(表 3),各时期群体叶面积指数(LAI_t)与出苗后时间(t , d)符合一元三次方程: $LAI_t = -1.27 \times 10^{-5}t^3 + 1.16 \times 10^{-3}t^2 + 9.93 \times 10^{-2}t - 1.627\ 0$, $r^2 = 0.999\ 7$, $n = 6$ 。高产群体的 LAI 在 5 以上需持续 50 d 以

上、最大值达到 7.37、穗期为 5.9 左右、花粒期达到 6.7 左右、收获时仍能保持在 4.2 左右。建立适宜的叶面积变化动态是实现玉米高产的基础。

表 3 叶面积指数与产量的关系

出苗后时间 (d)	方程参数			r ($n = 5$)	LAI_t
	a	b	c		
15	4.450 0	157.55	-715.82	0.997 2	0.11
35	4.074 8	6.795 2	-1.291 1	0.993 3	2.63
55	3.296 9	3.628 6	-0.339 9	0.994 9	5.34
75	2.755 1	2.917 2	-0.208 3	0.995 5	7.00
95	2.293 5	2.906 4	-0.197 3	0.995 0	7.37
115	2.346 7	3.786 8	-0.322 2	0.991 3	5.88

2.4 光合势与产量的关系

光合势是单位土地面积上叶面积持续时间。在一定的时

间范围内,光合势越大,玉米群体的光合能力越强,积累的干物质也越多^[5]。玉米产量(Y)与不同时期 LAD_t 呈抛物线型($Y=a+b\times LAD_t+c\times LAD_t^2$)变化规律(表 4)。高产群体最适 LAD_t 随出苗后时间(t,d)的动态变化方程为: $LAD_t=-5.3\times 10^{-4}t+8.68\times 10^{-2}t^2-1.999\ 1t+10.52,r^2=0.995\ 5,n=5$ 。高产群体的 $LAD\geq 125.24\text{ 万 m}^2\cdot\text{d/hm}^2$ 约需 40 d、在苗后 95 d 时达到最大值 $142.87\text{ 万 m}^2\cdot\text{d/hm}^2$ 。

表 4 玉米光合势与产量的关系

出苗后时间 (d)	方程参数			r ($n=5$)	LAD_t ($\text{万 m}^2\cdot\text{d/hm}^2$)
	a	b	c		
35~55	3.529 5	0.234 5	-0.001 5	0.996 9	80.75
55~75	2.622 7	0.160 3	-0.000 6	0.995 7	129.28
75~95	2.030 0	0.153 0	-0.000 5	0.995 9	142.87
95~115	1.834 7	0.178 5	-0.000 7	0.994 9	125.24

2.5 干物质积累与产量的关系

干物质的积累是作物产量形成的基础^[6],栽培措施以及不同生态因子都会影响到植株干物质的积累过程^[7-8]。采用 Logistic 模型模拟的干物质积累动态结果见表 5,玉米产量与不同时期 DMA_t 呈抛物线型($Y=a+b\times DMA_t+c\times DMA_t^2$)变化规律(表 6)。高产群体结构的最适单株干物质积累的动态方程为 $DMA_t=\frac{231.06}{1+342.60\times e^{-0.08t}}$ 。由此可见,高产群体在指数增长期、直线增长期和缓慢增长期的单株干物质积累量应分别达到 45.84、212.05、236.36 g。

2.6 冠层透光率与产量的关系

透光率是不同种植密度下玉米群体光分布的直接反映。

表 7 冠层透光率与产量的关系

冠层高 (cm)	方程参数			r ($n=5$)	TPAR _h (%)
	a	b	c		
0	2.862 4	-0.260 5	-0.264 3	0.989 1	0.99
30	3.165 3	-0.676 4	-0.333 1	0.993 1	2.03
60	3.651 5	-1.816 2	-0.438 9	0.996 8	4.14
90	4.493 0	-5.098 1	-0.613 6	0.999 4	8.31
120	6.073 3	-15.038 6	-0.924 8	0.999 8	16.26
150	9.280 4	-45.900 4	-1.525 4	0.996 5	30.09
180	21.831 2	-205.606 4	-3.873 9	0.994 4	53.08
210	218.154 9	-3 325.671 2	-39.722 7	0.998 2	83.72
240	5 667.046 3	-98 153.140 2	-1 017.026 6	0.995 9	96.51
270	1 005 251.679 0	-17 864 951.547 4	-179 494.260 9	0.769 8	99.53

3 结论与讨论

不同密度玉米群体的产量不仅是单株性状的良好组合,更是群体中个体的协调发展^[9-10]。玉米的光合作用与其群体内部光分布特征密切相关,而冠层形态结构是影响群体光分布与光合特性的主要因素之一^[11]。在本试验中,LAI 随着密度的增大而增加,但是高密度群体在生育后期 LAI 下降迅速。高密度群体前期相对较高的 LAI 对群体生长有利,但是在后期较高的 LAI 则导致下层叶片互相遮荫致使叶片早衰,不利于玉米籽粒灌浆。因此,通过调节密度实现高产的关键是构建合理的群体冠层结构,防止叶片早衰,保证灌浆期仍具有较大的叶面积进行光合作用。理想的群体结构是冠层内光照既能保证上层叶片的光合效率,又能维持下层叶片生长,并维持较长的功能期。

表 5 单株干物质积累的 Logistic 模型模拟

出苗后时间 (d)	单株干物质积累模拟值(g)				
	2.25 万 株/hm ²	4.50 万 株/hm ²	6.75 万 株/hm ²	9.00 万 株/hm ²	11.25 万 株/hm ²
15	4.98	4.29	3.07	3.72	3.69
35	20.50	17.83	14.88	15.88	13.73
55	77.65	67.56	63.73	58.68	45.84
75	208.94	178.33	170.69	138.11	107.49
95	401.83	330.32	287.53	217.36	183.42
115	513.88	412.28	332.88	249.29	224.21
135	546.34	435.01	342.68	256.91	236.36

表 6 单株干物质积累与产量的关系

出苗后时间 (d)	方程参数			r ($n=5$)	DMA_t (g)
	a	b	c		
15	-13.991 7	15.686 0	-2.295 5	0.982 6	3.42
35	-12.708 3	3.648 9	-0.130 4	0.978 2	13.99
55	-12.097 0	0.970 8	-0.009 3	0.986 5	52.20
75	-2.908 9	0.248 6	-0.001 0	0.982 0	130.08
95	6.105 8	0.065 6	-0.000 2	0.995 2	210.30
115	9.425 8	0.031 1	-0.000 1	0.997 2	227.03
135	10.227 3	0.024 5	-0.000 1	0.997 6	224.58

玉米产量与灌浆期冠层内不同高度透光率的关系曲线为 $Y=e^{[a+b\times TPAR_h+c\times \ln(TPAR_h)]}$ (表 7),高产群体结构适宜的冠层光分布模型方程为: $TPAR_h=\frac{99.55}{(1+e^{15.2-0.07h})^{0.29}}$ 。高产群体结构的穗位层透光率在 16.26% 左右,地面的漏光率为 0.99%。在籽粒形成的关键时期(即灌浆期),合理的冠层光分布为叶片光合速率提高提供了充足的光照条件,有利于籽粒灌浆。

通过调节群体结构来协调穗数与粒重之间的矛盾,并解决高密度群体穗长减小、行粒数减少的问题是实现密植型玉米高产的关键。密植型玉米品种的高产群体结构特征是:高产群体的 LAI 随出苗后时间(t,d)变化的动态方程: $LAI_t=-1.27\times 10^{-5}t^3+1.16\times 10^{-3}t^2+0.099\ 3t-1.627\ 0$,LAI 在 5 以上需持续 50 d 以上、最大值达到 7.37,在穗期和花粒期 LAI 分别为 5.9、6.7 左右,收获时的 LAI 仍能维持在 4.2 左右;高产群体最适 LAD_t 随出苗后时间(t,d)变化的动态变化方程: $LAD_t=-5.3\times 10^{-4}t^3+8.68\times 10^{-2}t^2-1.999\ 1t+10.52$,LAD 在苗后 95 d 时达到最大值,且大于 $125.24\text{ 万 m}^2\cdot\text{d/hm}^2$ 的时间能持续 40 d;高产群体最适单株干物质积累量动态方程: $DMA_t=\frac{231.06}{1+342.60\times e^{-0.08t}}$,在指数增长期、直线增长期和缓慢增长期的单株干物质积累量应分别达到 45.84、212.05、

236.36 g,表现为前期增长迅速,后期保持较大干物质积累量的时间较长,可以有效提高籽粒灌浆,协调穗数与粒重的矛盾;玉米产量与冠层内不同层次透光率符合 $Y=e^{[a+b \times TPAR_0+c \times \ln(TPAR_0)]}$,高产群体穗位层适宜透光率在 16.26% 左右,地面漏光率在 0.99% 左右。冠层适宜的光分布有利于叶片提高光合效率,维持较高 LAD,实现玉米群体高产。提高作物群体的光合作用效率和物质生产能力主要在于改善群体冠层的通风透光能力,提高群体光合性能。

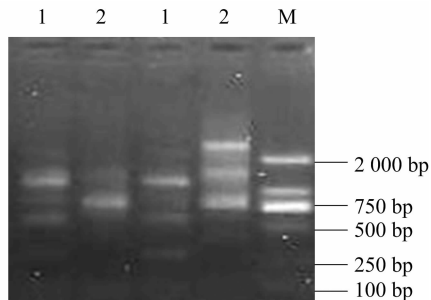
生产中常通过栽培管理和调整株型与叶片的方位等来影响群体结构,从而改善植株对光的有效截获^[12-14],提高群体生产力。本试验研究结果对构建玉米高产群体结构提供了重要的参考价值,为高产玉米育种和栽培提供了有价值的参数指标。同时,生产实践中须重视在玉米生长的关键时期各项田间管理措施的有效配合,延缓 LAI 下降速度,保证较高 LAD,增加干物质积累量,提高光合速率,将有利于玉米超高产的实现。

参考文献:

- [1] 郭庆法,王庆成,汪黎明. 中国玉米栽培学[M]. 上海:上海科学技术出版社,2004:380-406.
- [2] 李明,李文维. 肥料和密度对寒地高产玉米源库性状及产量的调节作用[J]. 中国农业科学,2004,37(8):1130-1137.
- [3] 齐延芳,许芳佐,周柱华,等. 种植密度对玉米鲁原单 22 光合作用的影响[J]. 核农学报,2004,18(1):14-17.

- [4] 吕丽华,陶洪斌,夏来坤,等. 不同种植密度下的夏玉米冠层结构及光合特性[J]. 作物学报,2008,34(3):447-455.
- [5] 卢义次. 作物的光合作用和物质生产[M]. 北京:科学出版社,1979.
- [6] 张银锁,字振荣. 环境条件和栽培管理对夏玉米干物质积累、分配及转运的试验研究[J]. 作物学报,2002,28(1):104-109.
- [7] 张继祥,毛志泉,魏钦平,等. 美国黑核桃实生苗单叶片光合作用生理生态模型的建立与验证[J]. 生物数学学报,2004,19(1):113-115.
- [8] 屈会娟,李金才,沈学善,等. 种植密度和播期对冬小麦品种兰考矮早八干物质和氮素积累与运转的影响[J]. 作物学报,2009,35(1):124-131.
- [9] 薛珠政,卢和顶,林建新,等. 种植密度对玉米单株和群体效应的影响[J]. 玉米科学,1999,7(2):52-54.
- [10] 白 鸥,黄瑞冬. 不同纯度玉米群体株高、光分布和产量的比较研究[J]. 玉米科学,2007,15(3):59-61.
- [11] 任光俊,陆贤军,高方远,等. 作物光合作用的遗传与产量改良[J]. 西南农业学报,2004,17(1):57-61.
- [12] 罗新兰,陈祥兰,姚运生,等. 东北玉米叶面积指数动态模拟模型研究[J]. 江苏农业科学,2012,40(1):91-94.
- [13] 郭 江,郭新宇,郭程瑾,等. 密度对不同株型玉米群体结构的调控效应[J]. 华北农学报,2008,23(1):149-153.
- [14] 王庆成,牛玉贞,徐庆章,等. 株型对玉米群体光合速率和产量的影响[J]. 作物学报,1996,22(2):223-227.

(上接第 55 页)



1~2—2个枣材料; M—DL2000 DNA 标记

图2 RAPD引物对2个枣品种的扩增

反应因子进行重复性探索,才能最终确定能够得到稳定扩增结果的反应体系。在影响 RAPD 稳定性的因素中,基因组 DNA 模板浓度、纯度是重要影响因素之一。本研究通过对 DNA 模板浓度的研究发现,模板对反应体系的影响不大,反应结果的稳定性在很大程度上是各反应因子综合影响的结果,须经过重复性试验在各因子间找到一个平衡点,得到最佳组合,最终得出较稳定和可靠的结果。本研究经过重复试验,最终找到了适合枣品种鉴定的反应体系。

3.2 2个新疆红枣材料的差异性分析

新疆是我国新兴的枣产业基地,也是枣资源较丰富的地区,不仅具有特异的枣种质资源,而且近年来也选育和引进了不少枣品种。在种质资源选育和引进过程中,难免存在同物异名和同名异物的情况,为避免这种现象发生,采用有效的鉴别方法进行区分就显得比较重要。本研究采用的 2 个枣材料

(哈密大枣、哈密玉枣)是哈密地区特有的枣种质资源,而且哈密玉枣是新育成的品种,其来源不是很清楚,在形态学上与哈密大枣比较相似,在生产和栽培过程中常被混淆,本研究利用 RAPD 分子标记技术对其鉴定和分析,为准区分这 2 个材料提供了理论依据,也为红枣品种鉴定提供了一种方法。

参考文献:

- [1] 曲泽洲,王永惠. 中国果树志·枣卷[M]. 北京:中国林业出版社,1993:22.
- [2] 赵 锦,刘孟军. 枣树品种、品系及其近缘种的 RAPD 分析[J]. 中国农业科学,2003,36(5):590-594.
- [3] 岳建津. DNA 分子标记技术在植物种质资源鉴定中的应用[J]. 生物学通报,2003,38(12):15-16.
- [4] 于华平,房经贵,张美勇,等. RAPD 标记用于葡萄、苹果等 7 种果树品种的鉴定的研究[J]. 江西农业学报,2009,21(10):5-9.
- [5] 张虎平,牛建新,王国安,等. 适于核桃基因标记的 DNA 提取方法[J]. 生物技术,2003,13(5):18-19.
- [6] Cheng Y J, Guo W W, Yi H L, et al. An efficient protocol for genomic DNA extraction from *Citrus* species[J]. Plant Molecular Biology Reporter, 2003, 21(2):177-178.
- [7] Sharma A D, Gill P K, Singh P. DNA isolation from dry and fresh samples of polysaccharide-rich plants[J]. Plant Molecular Biology Reporter, 2002, 20(4):415.
- [8] Proberki S, Bailey G L, Baum B R. Modification of a CTAB extraction protocol for plant containing high polysaccharide and polyphenol components[J]. Plant Molecular Biology Reporter, 1997, 15(1):8-15.