

哈密瓜南移东进生态育种与 有机生态型无土栽培技术研究

吴明珠, 伊鸿平, 冯炯鑫, 艾尔肯, 张永兵
(新疆农业科学院园艺作物研究所, 乌鲁木齐 830000)

[摘要] 脆肉型哈密瓜原产新疆大漠干旱或半干旱地区, 种植范围狭窄。经过8年16季南、北生态育种的探索研究, 利用多种生态地区的亲本杂交、回交, 核辐射诱变以及基因工程等手段结合常规选育, 已育出8个哈密瓜改良品种(系)和3个单性花自交系, 可在我国潮湿多雨、弱光照的东南部采用大棚有机生态型无土栽培方式种植, 为生产无公害绿色食品、“安全甜瓜”开创了美景。

[关键词] 哈密瓜; 生态育种; 核辐射诱变; 基因工程; 有机生态型; 无土栽培; 单性花

哈密瓜属于甜瓜种 (*Cucumis melo* L.) 厚皮甜瓜亚种 (*ssp. melo*), 夏甜瓜变种 (*Var. ameri-*) 和冬甜瓜变种 (*var. zard*) 中的脆肉型甜瓜。次生起源地中亚一带, 以新疆所产雄居世界之首。因哈密地区历来是新疆东出的重镇, 故被称为“哈密瓜”。栽培历史悠久, 品种资源丰富, 品质优良, 风味独具一格, 堪称国宝。各品种经过长期的自然选择和人工选择, 适应了大漠干旱和半干旱的生态环境, 移植到其他生态地区种植, 若不进行品种改良和适当的环境调控, 很难栽培成功。

改革开放以来, 随着经济的发展和农业结构的调整, 厚皮甜瓜在全国已发展到 $13 \times 10^4 \text{hm}^2$, 但人们喜食而市场价格又好的还是脆肉型的哈密瓜。20世纪90年代初, 我国南方和东南沿海发达地区, 为充分利用秋冬热能资源, 提出就地生产哈密瓜, 减少长途运输中的种种弊病, 与新疆错开种植季节, 做到优势互补, 周年供应市场, 并可充分发挥我国多生态地区的潜能, 为人民创造更多财富。这对甜瓜育种工作者是新的机遇与新的挑战。

1 南移东进生态育种

我国南方与东南沿海的生态条件与新疆迥然不同。本课题组长期立足育种的吐鲁番盆地, 干旱, 酷热, 日照长、光照强, 昼夜温差大。10年平均

年降水量 12.4mm。甜瓜生长季节 40°C 以上的高温平均 27 d, 年日照 3 101.8 h, 夏季每天日日照常在 13 h 左右, 中午日光照射度 $10 \times 10^4 \sim 15 \times 10^4 \text{l}_x$, 瓜熟季节日照较差气温 $15 \sim 23^\circ\text{C}$, 内地的薄皮甜瓜在此种植往往叶片焦枯, 而当地品种吐鲁番哈密瓜(见封3)却生长良好, 瓜大色艳网纹好。

广东的年降水量常在 1 500 mm 以上, 据深圳 1985~1992 年 8 年平均资料, 第一季甜瓜果实膨大、成熟的 5 月份, 降水量 225.5 mm, 日照时数 96.1 h, 平均每天只有 3.1 h; 上海的年降水量平均 1 148 mm, 上海尤华气象资料表明 5 月份瓜熟季节降水量 114.6 mm, 日照时数 172.6 h, 平均每天 5.6 h。在反差如此大的生态条件下, 要育出在东南部能生长, 还要保持哈密瓜脆爽风味的早、中熟品种, 难度的确很大。1992 年本课题组, 认真总结了过去 30 年育种的经验教训, 明确了育种目标: 抗湿、抗病、耐弱光的优质品种。并根据目标制订了新的策略与实施方案。

1.1 策略与方法

1) 从与南方生态条件相近的国家和地区如日本、韩国、美国南部、西班牙、意大利、台湾及内地省、区引进材料 200 余份, 逐一进行观察及重点抗病鉴定, 选择符合目标性状的材料进行自交提纯或转育成新的材料。发现不同生态地区甜瓜植株的

植物学性状,有很大区别:新疆哈密瓜在高温强日照影响下,植株长势旺,茎粗、节间长、叶片大而肉薄,叶色浅,叶柄长,株形松散,不抗病;南部弱光照地区的甜瓜,植株长势稳健,节间短,叶片小而厚,叶色深绿,叶柄短,叶片开张度小,株形紧凑,是高光效抗病株形。我们以此作为引种和杂种后代选择淘汰的株形标志,简便易行,当然不排除苗期抗病接种鉴定。

2) 采用多种手段进行育种。生态育种的关键是要育出与当地生态条件相适应的亲本和各具特色

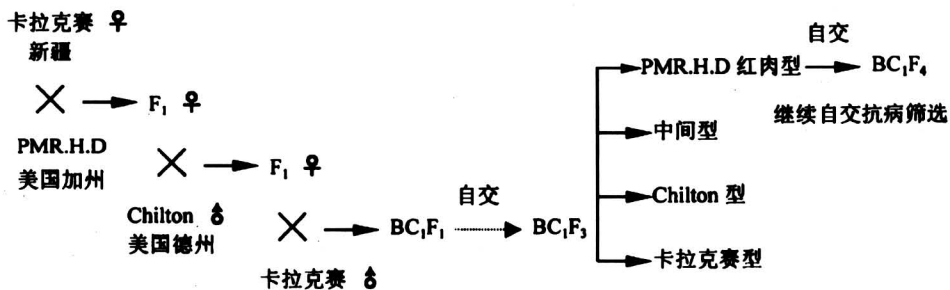


图1 RMR.HD 白皮红肉育种系谱图

Fig.1 The breeding pedigree of white rind and red flesh PMR.H.D melon

(2) 核辐照育种。常用 Co 60 γ 射线辐照杂一代结合常规选育。因辐射照 F_1 遗传性容易动摇,低代变异多, F_4 基本能获得较稳定的材料,比常规育种速度快,如辐照金凤凰 (F_1) 在 M_3F_3 代就获得了整齐一致的长果型黄皮红肉甜瓜单系,四代又继续进行了抗病筛选,效果良好。现又在进行重离子辐照育种,以求获得高抗材料。

(3) 生物工程转基因育种。转基因育种目标明确,除增加抗性外,不会影响原有的品质,是先进的育种手段。课题组与本院核生所合作,已将烟草抗 CMV 基因转育到红心脆甜瓜中,1998 年经农业部农业生物基因工程安全管理部门批准在吐鲁番释放进入中试阶段,1998 年秋达到 F_8 代时,配成 K2-22 组合,在海南大棚试种,品质良好,现进入 F_1 测优阶段^[1]。

(4) 航天育种。与航天部门合作的航天育种工作,已进入 F_8 ,初步选出一个高产,一个高糖的自交系,正在试配组合和测优。

3) 利用生态差南北选育扩大品种适应性。不管采用哪种方式进行育种,都要经过常规育种的加代和选择淘汰。每年春、夏季在吐鲁番育种,秋冬季到海南三亚加代选育 1~2 季。这不仅是为了加快育种速度,更重要的是利用生态差交替选择,可

的自交系。为提高育种效率,采用了多种育种手段同步进行。

(1) 以哈密瓜为主要亲本或轮回亲本进行远地域,远生态多亲杂交,回交育种,是本课题组历来常用的育种手段,最近三年来,又育出十多个不同类型的抗病或高糖自交系。如将伽师瓜的红脆肉导入美国抗白粉病密露甜瓜 (RMR.H.D),育成了白皮红肉的 RMR.H.D 自交系,程序如图 1 所示。

以增加抗性和扩大适应性,海南温暖、潮湿、病虫害极多,是进行抗性选择的最佳地区。吐鲁番干旱、炎热,能抗吐鲁番高温的材料,生命力旺盛,再回到海南锻炼耐湿性,如此循环选择,育出的品种抗性、适应性和品质都较理想。

4) 与国内外多方面合作。先后与美国农业部查尔斯登蔬菜实验室 (USDA, ARS, Charleston Vegetable Laboratory), 农业部 Salinas 试验站 (USAD, ARS, Agricultural Research Station) 进行了抗病育种合作,获得了多种抗病材料,并学习了抗病鉴定方法。与台湾农友公司合作育种,互相交流育种材料,互相试种鉴定。与中国科学院遗传所,上海生化所,兰州高能物理所以及本院核生所合作进行转基因工程和重离子辐照育种。还与中国农科院蔬菜花卉所进行优质甜瓜育种等。通过以上合作,互补互助,效果良好,提高了育种水平。

1.2 育种成果

1) 新品种 (系)。从 1992 年至今,经过 8 年 16 季,终于育出了 8 个可在我国东南部大棚种植的新型哈密瓜品种 (系),正在各地示范推广。

(1) 金凤凰 (彩页 4) 母本利用了早、中、晚不同熟期的三个新疆品种与美国金黄甜瓜复合杂交育成。父本也是多亲杂交后代。1999 年已经自

治区审定。生育期 85 d, 果实发育期 45 d, 中熟种。平均单瓜重 2.5 kg, 果实长卵形, 皮色金黄, 全网纹, 外观诱人, 肉色浅桔, 质地细松脆, 蜜甜微香, 折光糖 15% 左右, 是哈密瓜中的精品瓜, 可在我国南北大棚及新疆本土种植。(中抗白粉病) 推广示范面积约 33 hm², 市场反映好看又好吃。

(2) 仙果 (彩页 4) 母本为金凤凰母本的姊妹系, 父本为自育的厚、薄皮甜瓜杂交后代, 是当前本课题组所育甜瓜中, 口感最好, 品质最佳者。在海南大棚生育期 80 d, 果实发育 40 d, 早熟种。单瓜重 1.5~2 kg, 果实长卵圆, 果皮黄绿底, 覆黑花断条。果肉白色, 细脆略带果酸味, 折光糖 16%, 贮放一个月肉质不变, 仍然松脆爽口。因皮薄, 栽培时注意后期控水, 否则易裂果, 中抗病毒病、白粉病及蔓枯病, 今年示范约 3 hm² 作为特需瓜供应。

(3) 新红心脆 (彩页 4) 母本是从抗病杂优一代中分离的自交系。父本为自育的抗病毒自交系 (苗期接种鉴定)。生育期 85 d, 果实发育期 45 d, 中熟种。平均单瓜重 2~2.5 kg, 果实外形似红心脆, 果肉浅桔, 质地松细, 风味与红心脆相似, 折光糖 15% 以上。抗性、座果性较红心脆好, 在深圳、海南大棚以及新疆本土都能种植。

(4) 新白玫 (彩页 4) 母本为与台湾农友公司合作育种交换的抗病材料, 父本为改良后的新疆早熟品种。生育期 70 d, 果实发育期 40 d, 早熟种, 平均单瓜重 2 kg, 果形高圆, 成熟时乳白皮透红, 果面有 10 条透明浅沟, 红肉, 内外皆美, 肉质细脆, 清甜爽口, 折光糖平均 15.4%, 成熟时不脱把, 贮放后仍不失脆爽风味, 中抗白粉和霜霉病。

(5) 雪里红 (长白瓜) (彩页 4) 母本为多亲杂交自交系, 父本同白玫, 生育期 75 d, 果实发育期 40 d, 早中熟种。果皮白色, 偶有稀疏网纹, 成熟时白里透红, 果肉浅红, 肉质比白玫还细嫩, 松脆爽口, 折光糖 15% 左右。在三亚、合肥、上海、厦门栽培较成功, 示范面积逾 10 hm², 栽培中注意预防蔓枯病。

(6) 金丽 (彩页 4) 母本为与台湾农友公司合作育种交流的材料。父本来自日本厚薄皮杂交种分离的自交系。生育期 72 d, 果实发育期 42 d, 早熟种, 平均单瓜重 1~1.5 kg, 长椭圆形, 果皮金黄, 光、外观艳丽, 白肉, 肉质细, 半脆, 中心折

光糖 16%, 高者 17%, 不落蒂。采收后需贮放数天, 口感较好。高抗叶部及根部病害, 可作大、小棚用品种。在山东、河北廊坊及上海金山都反应良好。栽培时注意疏果, 保持果形大小一致, 商品性好。

(7) 绿宝石 (封 3) 母本引自日本, 父本为含笑与日本材料杂交而成的自交系。1991 年配组合, 1997 年经自治区审定。生育期 85 d 果实发育期 45 d, 中熟种, 单瓜重 1.5~2 kg, 果实高圆形, 灰绿底, 密布突出的网纹, 果形整齐雅致, 似雕塑的艺术品, 肉厚心实, 肉色青白, 质地细软可口, 有高雅的淡香味, 折光糖 16% 以上, 品质优, 口感好。果型, 座瓜节位, 成熟期都整齐一致。丰产性, 抗病性和商品性均好。似日本的网纹甜瓜, 但较之果型大, 成熟早, 货架期长。虽为软肉瓜, 但有哈密瓜的风味。在深圳、东莞、北京、海南等地种植, 示范面积达 13 hm²。

(8) 雅香 (彩页 4) 母本同绿宝石, 父本为自育抗病毒自交系。各种属性与绿宝石相同, 只是香味更浓, 口感更好, 但货架期不如绿宝石。

2) 育出品质较好的哈密瓜单性花及黄叶 (封 3) 标志基因自交系。为了简化杂一代的制种程序, 从 1985 年开始转育结实花为单性花的工作。选用了美国单性花材料 GSV.83095 与醉仙、含笑等甜瓜进行杂交, 因单性花为一对显性基因 (A) 所控制, 再加上 83095 与哈密瓜是不同的变种, 品质较差, 所以进行了五代回交和八代自交, 才得到单性花基因纯合的自交系。目前含笑与醉仙单性花率已稳定在 100%。品质和风味与原品种相似, 只是果形不如原品种端正, 顶部略突起。

1990 年从美国引进了具有黄叶标志基因又是单性花的甜瓜材料 C879J₂ 与芙蓉甜瓜杂交、回交、自交, 目前已将黄叶基因 (V) 转到部分真叶上, V 基因是隐性, 应当容易选育, 但黄色标记在整个植株上不规则地移动, 很难固定。我们的目标是选第 1~5 片真叶上有黄色标志的植株, 便于杂一代的苗期鉴定, 现已育出一个抗性、品质都较好, 能在南、北方种植的单性花, 黄叶标志亲本, 并已配组合, 在新疆伽师县种植, 反映抗性良好。

2 有机生态型无土栽培

在哈密瓜南移、东进系统工程中, 抗病育种是根本, 栽培技术是关键, 人为选择和创造适于哈密

瓜生长的环境是先决条件。人们难以改变大的生态环境，但可以选择适宜的季节，用保护地栽培调控小气候。在南方纱网、大棚可以防雨减湿，防虫防病，提高气温，加大温差，但在保护地内，连年种植会造成连作障碍，如土传病害增多，缺素和甜瓜分泌物的自毒作用等，严重影响甜瓜的品质和产量。用保护地无土栽培可以解决这些问题。

对于无土栽培，一般人误认为水培（营养液培）才是真正先进的无土栽培，对基质培和有机肥基质培不甚了解和重视。现在先进的国家的无土栽培，90%是用基质培，教学科研单位多采用各种营养液培。从1992年开始，对几种形式的无土栽培进行了比较试验，并提出以下的初步看法。

2.1 水培优于保护地土壤栽培

1992年8~10月，在珠海农科所作了大棚内水培（封3）与土壤培的对比试验。

1) 材料与与方法：两个玻璃大棚一为深水培，一为土壤种植，每小区20株，两个重复，品种为雅香甜瓜，同期播种育苗，同期定植。水培营养液同原华南农大土化系配方。土壤栽培用鸽粪（新疆认为是甜瓜最好的有机肥）作基肥，每株1.5 kg，追肥二次用尿素加复合肥，每次每株2 g。每星期用水培营养液浅沟灌溉一次。

2) 试验结果（见表1、表2）

表1 水培与土培生育期比较
(品种雅香, 1992年珠海)

Table 1 Growth period duration of hydroponics in comparison with soil culture

项目	播期 日/月	开雌花期 日/月	果实成熟期 日/月	果实发育期 /d	生育期 /d
水培	15/8	11/9	20/10	39	66
土培	15/8	15/9	25/10	40	71

表2 水培与土培生长势比较 (择10株平均数)
(品种雅香, 1992年珠海)

Table 2 Growth vigour of hydroponics in comparison with soil culture

项目	子叶大小 (长×宽)/cm	第十片叶大小 (长×宽)/cm	9月12日 平均蔓长
水培	4.6×2.5	26×15.6	1.61 m±0.09
土培	3.8×2.1	23.2×14.7	1.21 m×0.18

从表1、表2可看出水培比土培发育快，生长

势强，提早5天成熟，没有死苗。土培因枯萎病（*Fusarium oxysporum* f.sp.melomis）死苗20%。

2.2 基质培（封3）优于水培

1993和1994两年的8~10月在深圳农科中心作了甜瓜营养液滴入基质培试验与1992年水培比较，各有优缺点。

1) 水培设施一次性投资大，营养液循环耗电量较大。

2) 水培比基质培发育快，成熟早，果型大，生育期短。1992年珠海水培整个生育期74 d。1993年深圳基质培历时85 d。

3) 水培后期易裂果，商品率不高。基质培后期可提高营养液浓度，控制水量。

4) 水培营养液配制和调整要求技术性强，稍有不妥，立即出现生理病害。基质培缓冲性能好，较稳定，成功率高，易掌握。

5) 水培根茎部位湿度大，易发生蔓枯病（*Mycosphaerella Melonis*）而基质培相对较轻（见表3）。

表3 水培与基质培蔓枯病致死率比较

Table 3 *Mycosphaerella melonis* comparison

1992年 珠海水培	蔓枯病致死率3.2%
1995年 三亚基质培	蔓枯病致死率0.5%

综合以上情况，基质培比水培优点多，群众易掌握。

2.3 有机肥加基质培优于营养液加基质培

不管是营养液水培，还是营养液基质培，营养液中的氮肥都是以硝酸盐为主，硝酸盐在还原条件下转化为亚硝酸盐，和人体肠胃中的胺物质合成亚硝胺是一种致癌物质，常导致胃癌、食道癌。同时无土栽培排出的营养液会造成环境污染，因此把有机农业导入无土栽培是一种保护生态环境，保护人体健康的创举。在中国农科院蔬菜花卉所郑光华先生的倡导下，于1996、1998、1999年进行了有机生态型无土栽培研究^[2]。现将1998年试验简报如下：

1) 材料与与方法：

(1) 地点：吐鲁番市，牙尔乡本组试验大棚。

(2) 品种：金凤凰甜瓜。

(3) 基质：草泥炭加蛭石、炉渣，6:4。pH值6.8，体积质量1.1 g/cm³。

(4) 处理：四个栽培槽，两个处理，每槽一小区重复二次，槽长20 m，内宽0.5 m，高0.18 m，

每槽装基质 1.25 m³，每小区种 50 株共 200 株。

A 处理：有机肥加基质，滴清水，根据本组惯用的营养配方将 N，P₂O₅，K₂O 含量折算成所需鸡粪、羊粪、饼肥的数量，再加施 K₂SO₄，补充有机肥中钾肥的不足。于移植前将三分之二有机肥，混施于基质中，每立方米基质施鸡粪 9.6 kg，饼肥 10 kg，作基肥，K₂SO₄ 为 2.56 kg，分 6 次追施（每隔 10 d 一次），座果后追施羊粪 9.6 kg，每天

滴清水两次，平均每天每株 1.5 L。

B 处理：基质与 A 相同，不施任何有机肥，按惯用营养液配方，每天滴二次，平均每天每株 1.5L。

2) 试验结果

(1) 不同处理植株生长发育及商品瓜情况（表 4、表 5）

表 4 甜瓜植株生长势、座果性、生育期比较

Table 4 Growth vigour, fruiting habit and growth period duration comparison

处理	生长势 (蔓高/cm)			叶片大小/cm	开雌花	座果节位	成熟期	生育期
	幼苗期	开花期	座果期	第 12.13.14 叶平均数	日/月	/d	日/月	节
A 处理	5.63	66.1	205.49	16.9×23.37	24/5	10.73	6/7	106
B 处理	5.55	56.2	210.95	18.01×24.89	28/5	17.74	23/7	117

表 5 果实商品性比较

Table 5 Fruit character comparison

处理	果型	单瓜质量/kg	外观	折光糖/%	质地风味	级别
A 处理	长卵	1.74±0.2	金黄皮，网纹细密，美观	14.1	细松脆爽，味好	A 级产品
B 处理	长卵	2.41±0.25	深黄皮，网稀，一般	12.3	稍粗，松，味可	一般产品

A 处理：植株长势稳，生长健壮，叶片较小，叶色深绿，座果节位低，整齐一致，成熟一致，提早一星期采收，瓜形虽较 B 处理小，但网纹特好，外观漂亮，糖度较 B 处理高 1.8 度，商品性好。

B 处理：授粉不易座果，导致座果节位高而不整齐，座果晚，植株生长过旺，高节位的瓜，果形虽大，网纹不好，糖度低。商品性差。

(2) 无土栽培所用营养液的各种化学试剂或化工原料比较昂贵，尤以 DETA 钠盐最贵。有机肥基质培，多用各种消毒农家肥，成本低，肥效好。本试验计算 A 处理所用肥料成本比 B 处理营养液成本降低 59.1%，并且节省了配制营养液的繁杂程序、设备和劳力，一般劳动者都能掌握此技术，省钱，省力，易于推广。

3) 分析与讨论

(1) 有机肥阳离子代换量大，不易流失，基质吸附的养分易分解被植物吸收利用，主要是有机肥中含有各种活性酶，可提高基质的吸收性能、缓冲性能和抗逆性，并可增加有机胶体，改善基质的理化性能，使基质通气良好，肥效高，促进根系发育，提高甜瓜的产量和品质。

(2) 有机生态型无土栽培（封 3），还可延伸到露地运用。1999 年为避免试验地重茬，在吐鲁

番 0.67 hm² 大田上，挖沟铺膜隔离，再填基质和农家肥，每天滴清水 2 次，除部分沟泥炭盐分较高外，其余生长良好。为连作地种植甜瓜，找到了一条出路。

3 讨论和建议

1) 在保护地种植甜瓜，使用抗病品种、生物制剂农药和有机生态型无土栽培是最经济、安全而持久的策略。它将瓜菜生产纳入了无公害有机农业的轨道，是保护生态环境，促使高效农业持续发展的需要。但在哈密瓜抗病育种，生物农药的研制和推广，以及合理使用有机肥等方面，均刚刚起步，需要育种工作者，生物工程专家，病理学家，设施园艺专家等多方面的合作研究，以提高研究水平，加大推广力度，使成果尽快转化为生产力，为发展经济作贡献。

2) 保护地有机生态型无土栽培，是一项实用性很强的项目，在老棚区，地少人多的城郊，边防海岛，戈壁沙滩，石油基地等都可发展，为民生生产经济实惠、新鲜安全的瓜果蔬菜。

3) 厚皮甜瓜生物技术转基因工程，从未列入过国家或部级重点课题，现有的瓜类育种工作，不少是低水平的重复。随着人民生活质量的提高，厚

皮甜瓜已作为高档水果进入千家万户，但市场上常常充满不甜的生瓜或农药残毒严重超标的瓜。亟需借助新技术或转基因技术，育出更多高抗优质的甜瓜品种，呼请有关部门在农业结构调整的关键时刻稍加关照，使瓜类的育种水平能和其他作物并驾齐驱。

参考文献

- [1] 石继红, 高庆, 庄文需. 作物抗逆性基因工程[J]. 生物学通报, 1992, (8): 1~3
- [2] 郑光华. 发展有机蔬菜是我国蔬菜生产的必由之路[J]. 中国蔬菜, 2000, 增刊: 1~6

Ecobreeding of Hamimelon and Soilless Cultivation of Organic Ecotype

Wu Mingzhu, Yi Hongping, Feng Jiongxin, ERken, Zhang Yongbing

(Horticulture Institute, Xinjiang Academy of Agriculture Science, Urumqi 830000, China)

[Abstract] Crisp Hamimelon originated in the arid and semi-arid areas of Xinjaing and its distributive area 8 years (16 growing seasons) exploration and research on the process of south and north ecobreeding with methods of hybridization, back crossing, nuclear radiation inducement and gene engineering combining with ordinary breeding, 8 improved varieties, and 3 self-breeding series of unisexual flower are successfully cultivated from the parents which come from different ecotype areas. They are suitable to the southeast part of China where it is humid, rainy, and weak-illuminated. With these varieties and technology of soilless cultivation of organic ecotype in the green house, the production of pollution-free and safe melon is surely promising.

[Key words] Hamimelon; ecobreeding; inducement of nuclear radiation; gene engineering; organic ecotype; soilless cultivation; unisexual flower

日本开发出治疗白血病的人造核酸

据《和讯财经》2000年8月6日消息：日本工业技术院产业技术融合领域研究所已开发出了治疗白血病的人造核酸。这种人造核酸就像一把剪刀，可发现引起白血病的遗传基因并将其剪除。科研小组的成员、东京大学研究生院教授多比良和诚根据动物实验结果认为，这种人造核酸将来有望成为治疗白血病的主要药物。

这次研究的是慢性骨髓性白血病（CML），患者的异常遗传因子是由两个正常的遗传因子连接而成的，新开发的人造核酸可以发现这种变异遗传基因并将其切断。科学家过去也发现过能找到特定的遗传因子序列并将其切断的分子，但在切断特定遗传因子序列的同时往往对正常细胞造成伤害。而新开发出的核酸只在发现异常遗传因子时才被激活，平时则潜伏不动。

科研小组用人体白血病细胞进行了动物实验。他们将可与人造核酸反应的细胞和不可与人造核酸反应的细胞分别注射到8只实验鼠的体内。移植后第13周时，不与人造核酸反应的细胞全部死亡，而与人造核酸反应的细胞全部存活，证明人造核酸在生物体内十分有效。科研小组说，此人造核酸的临床应用尚有诸多问题要解决，将来很可能是把患者的骨髓细胞抽出来，经人造核酸处理后，再把正常细胞的骨髓输回患者体内。