

文章编号: 1000-5692(2005)05-0524-06

# 白术主要性状遗传分析与优良产地和优株选择

何福基<sup>1</sup>, 陈斌龙<sup>2</sup>, 何浩亮<sup>2</sup>, 付顺华<sup>1</sup>, 汪益锋<sup>3</sup>

(1. 浙江林学院 林业与生物技术学院, 浙江 临安 311300; 2. 浙江省磐安县中药研究所, 浙江 磐安 317200; 3. 浙江省临安市安绿生态园林有限公司, 浙江 临安 311300)

**摘要:** 为期 2 a, 通过对全国 8 个省(市)20 个产地白术 *Atractylodes macrocephala* 秧苗(木栽)栽培遗传试验, 发现白术根茎原药材规格质量参差不齐。主要原因是: 种植材料非常混杂, 至今尚无品种。遗传分析表明, 各主要性状在产地间和个体间都存在广泛的遗传变异, 而且大多数性状遗传力中等或强, 进行选择可获得较好的遗传改良效果。根据白术遗传变异特点与产地试验和选优株实践, 得出天台 县石梁和临安市西天目山是白术优良产地, 并制定了优株选择方法和标准。表 3 参 4

**关键词:** 白术; 遗传分析; 产地选择; 优株选择

**中图分类号:** S567.23      **文献标识码:** A

白术 *Atractylodes macrocephala* 是多年生常异花授粉植物, 是“浙八味”之一, 具有健脾胃等多项功能, 是常用的大宗药材<sup>[1]</sup>。它已被栽培几百年, 产区遍及全国大部分省(市、自治区), 但主要产区在浙江省, 其中磐安、新昌、嵊州和东阳等县(市)种植最多。目前根茎原药材规格质量参差不齐, 远不能达到“安全、有效、稳定、可控”的质量要求, 严重影响中药疗效、药农的经济效益和国际中药材市场的竞争力。究其原因, 主要是种植材料非常混杂, 至今尚无品种, 即使少数农家品种, 也是相当混杂。因此, 必须抓紧选育优良品种, 尽快实现种植材料良种化。我们对全国 8 个省(市)20 个产地白术秧苗进行为期 2 a 重复的栽培遗传试验发现, 各主要性状在产地间和个体间存在广泛的遗传变异, 而且各性状间又无显著的遗传负相关。它预示着自然界存在着优良的群体和个体, 这些为人工选择提供了丰富的种质资源。大多数主要性状遗传力中等或强, 即性状变异主要受遗传控制, 选择可获得较好的遗传改良效果<sup>[2]</sup>。根据白术主要性状遗传变异特点与产地试验和初选 500 多株优株的实践, 初选了优良产地, 并制定了优株选择的方法和标准, 开展优株选择, 旨在培育优良产地品种、优良家系混合品种和特殊优良家系与无性系品种, 实现白术种植材料良种化。

## 1 材料与方 法

收集重庆、湖北、湖南、安徽、江苏、江西、福建和浙江等 8 个省(市)20 个产地的白术秧苗(木栽), 2003 年 3 月下旬在浙江省白术主产地——磐安县海拔 500 m 的尚湖镇, 按照 4 行 20 株小区 5 次重复的随机区组田间设计, 以磐安县当地普遍种植的秧苗为对照, 在前作为水稻 *Oryza sativa* 的壤质田块上进行栽培遗传试验。秧苗消毒后栽植, 常规管理, 秋末保存率为 78.5%, 最差的小区保存率

收稿日期: 2005-02-22; 修回日期: 2005-09-20

基金项目: 浙江省经济贸易委员会资助项目(200212)

作者简介: 何福基, 教授, 从事林木遗传育种学研究。

60.0%。在枯叶期前, 每个小区选 10 株最好的白术, 挂牌编顺序号, 逐株调查地上部分的抗病性(以小区植株保存率表示)、花蕾数、株高及其地径、冠幅、10 cm 长侧枝叶片数、最大叶宽、叶色、萌芽茎个数、侧枝数、2~5 裂叶片数及其分布、侧枝夹角等 12 个性状<sup>[3,4]</sup>。挖掘根茎时, 按编号调查每株根茎的病虫害、形状、质量(小区全部植株之和)、芽眼数和须根条数等 5 个性状。经比较分析, 确定抗性、根茎形状及其质量、花蕾数、株高及其地径、冠幅、10 cm 长侧枝叶片数和最大叶宽度等 9 个为主要性状。2004 年在 2003 年基础上增至 10 个省(市)30 个产地, 分为 2 个组, 仍按 2003 年方法栽培。第 2 组有福建建阳等 23 个产地, 因 8 月 12 日特大台风暴雨危害而报废。第 1 组 17 个产地只报废 2 个区组, 仍按上述 9 个主要性状, 每个小区调查最好的 5 株。以 2003 调查资料为主, 经 SAS810 处理, 结果见表 1~3。

表 1 白术主要性状方差分析结果及遗传力汇总

Table 1 Variance analysis and heredity of main traits of *Atractylodes macrocephala*

性状	均 方		F 值	遗传力
	产地	机误		
2003 年根茎质量	35.558	12.449	2.856 **	0.650
优形品率	6.570	3.300	1.990 *	0.497
抗病性	0.033	0.014	2.423 **	0.590
花蕾数	308.062	14.771	20.586 **	0.952
株高	3 128.180	737.850	4.240 **	0.764
地径	209.980	145.640	1.442	0.307
最大叶宽	33.971	6.900	4.923 **	0.797
10 cm 长侧枝叶片数	31.210	16.270	1.918 *	0.479
冠幅	2 003.910	1 596.490	1.255	0.203
2004 年根茎质量	117 592.502	54 023.400	2.177 **	0.541

说明:  $F_{0.05}=1.70$ ;  $F_{0.01}=2.120$ 。

表 2 2003 年白术主要性状相关系数

Table 2 Correlation coefficients of main traits of *Atractylodes macrocephala* in 2003

性状	单株根茎质量	单株花蕾数	单株株高	单株地径	单株冠幅	单株 10 cm 长侧枝叶片数	单株最大叶宽	抗病性	优形品率
单株根茎质量	1								
单株花蕾数	0.2519	1							
单株株高	0.2869	0.7633 **	1						
单株地径	0.5655 **	0.0273	0.2875	1					
单株冠幅	0.8375 **	0.3618	0.1675	0.3722	1				
单株 10 cm 长侧枝叶片数	0.1127	-0.0858	0.2099	-0.0687	0.3446	1			
单株最大叶宽	-0.1569	0.0701	-0.3383	-0.0926	-0.1142	0.0348	1		
抗病性	0.5800 **	0.2547	0.1110	0.2702	0.6274 **	0.2792	-0.1215	1	
优形品率	-0.0188	0.0100	-0.0424	0.0931	-0.1362	-0.3523	-0.1366	0.1211	1

说明:  $r_{0.05}=0.4124$ ;  $r_{0.01}=0.5215$ 。

## 2 结果与分析

### 2.1 抗病性

主要指抗白绢病 *Sclerotium rolfsii*, 根腐病 *Fusarium oxysporum* 和铁叶病 *Atractylis septoria* 等 3 种致死性病害的能力。在大田生产中, 一般病死株占 30%, 多的达 50% 以上, 最严重的几乎全部死亡。它不仅严重影响药材产量, 还因为防治病害使农药残留而降低根茎原药材等级, 甚至报废。所以抗病性应是限制性指标, 不合格者, 绝不能成为优良产地, 也不能选为优株。从表 1 可见, 抗病性在产地间

和个体间差异极显著, 遗传力为 0.590, 即主要受遗传控制, 选择可获得较好的遗传改良效果。优良产地的抗病性必须居各产地前列, 优株必须无致死性病害, 至少是极轻微。

表 3 白术根茎鲜质量小区平均数汇总

Table 3 Average fresh weight of *Atractylodes macrocephala* rhizomes in each plot

产地	2003 年白术根茎鲜质量/g						2004 年白术根茎鲜质量/g			
	I	II	III	IV	V	小计	I	II	III	小计
临安西天目	940	1 375	785	950	1 300	5 350	360	710	475	1 545
临安丁村	680	450	645	890	710	3 375	420	630	680	1 730
嵊州	690	515	815	1 020	670	3 710	415	395	640	1 450
天台	780	890	1 155	865	1 100	4 925	950	710	725	2 385
宁海	720	785	925	770	720	3 920	160	420	210	790
磐安	595	985	850	515	750	3 695	250	240	230	720
缙云	895	625	920	860	505	3 805	385	630	440	1 455
寿宁	775	905	815	710	660	3 865	660	790	910	2 360
政和	815	615	775	795	1 010	4 010	—	—	—	—
建阳	1 095	970	895	1 290	1 160	5 410	—	—	—	—
修水	800	500	840	665	550	3 355	680	560	595	1 835
安福	715	540	845	825	905	3 330	—	—	—	—
铜鼓	965	1 090	865	610	680	4 030	655	730	395	1 780
平江	640	475	745	630	535	3 030	260	505	125	890
咸丰	700	720	725	685	695	3 535	185	200	225	610
亳州	950	605	540	965	765	3 825	705	305	545	1 555
宁国	865	1 110	1 005	1 155	875	5 010	430	270	185	885
滨海	345	870	1 045	840	670	3 770	415	195	130	740
石柱	960	845	1 460	670	770	4 705	430	450	895	1 775
彭水	690	645	765	765	880	3 760	—	—	—	—
邵东	—	—	—	—	—	—	165	205	175	545

在发生毁灭性病害时, 要及时调查各产地的抗病性, 选择相似条件下的健壮植株。

## 2.2 根茎质量

根茎是各主要性状综合作用的结果, 是白术栽培的主要目的。它应是优良产地和优株的主要指标。从表 1 可见, 2003 年和 2004 年产地间和个体间差异极显著。2003 年中的建阳、西天目、宁国和天台等 4 个产地极显著或显著优于居第 15 位的对照, 其产量分别比对照高 46%, 45%, 36%和 32%, 各产地内最优株根茎质量比所在产地的均数大 71.0%~165.0%。从建阳和西天目 2 个产地内各初选 1 株优株, 其根茎质量分别比所在产地均数大 105%和 110%。根茎质量遗传力为 0.650, 若选建阳和西天目 2 个产地, 其遗传增益为 29.6%。优良产地内的优株累积了 2 个层次的遗传增益, 故这 2 株优株子代的遗传增益为 120.15%。2004 年有天台、寿宁和西天目等 10 个产地极显著或显著优于居第 15 位的对照, 其中天台高 231.3%, 寿宁高 227.9%, 西天目高 113.9%。而 2003 年居第 3 位的宁国与对照无显著差异; 2003 年最高产的建阳属第 2 组, 报废; 2003 年的寿宁与对照差异不显著。这样, 连续 2 a 均极显著或显著优于对照, 即稳定高产, 只有天台石梁和临安西天目 2 个产地。所以, 优良产地根茎产量应稳定和显著优于对照, 优株根茎质量应比小样地均数大 50%以上。

## 2.3 根茎形状

根茎形态是目前根茎原药材市场评定质量的主要指标, 蛙形和鸡腿形是白术的一等品, 其价格比统货高 100%以上; 其次是狗头形, 武字、二叉等形状最差。优良形状不仅外观好看, 更重要是便于加工, 切片的得片率高。从表 1 可见, 根茎形状在产地间和个体间差异显著, 上述 2 个根茎产量稳定高产的产地, 根茎优形品率为 72.0%~77.0%和 69.0%~72.0%, 比一般商品原药材 (30.0%) 高 1.0 倍以上。优形品率遗传力为 0.497, 即受中等程度的遗传控制, 选择可获得一定的遗传改良效果。现

有植株中, 蛙形和鸡腿形的出现率约 30%, 其中典型的约 10%。所以优良产地根茎优形品率必须大于 60%, 优株根茎必须是典型的优良形状, 即蛙形或鸡腿形。

#### 2.4 根茎挥发油质量分数

它是药效的物质基础, 是药材质量的实质性指标。提高挥发油质量分数是根茎原药材栽培的主要目标之一。2004 年 11 月请浙江省中医药研究院对 13 个产地的试验地和原产地的 20 份根茎原药材挥发油进行检测, 结果有 10 份超过  $10.0 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  的标准 (2002 浙 DB33)。其中天台  $14.8 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  和  $13.2 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 西天目  $14.9 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  和  $10.8 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 它们的平均数分别比对照 ( $8.3 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) 高 68.7% 和 54.8%; 建阳  $10.3 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  和  $10.7 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 石柱  $7.9 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  和  $13.5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 寿宁 (试验地)  $11.4 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 宁国  $7.5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  和  $7.5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 不及对照。检测结果表明, 有的产地在不同环境下栽植, 其挥发油质量分数相当稳定, 如宁国、建阳和天台; 有的变动大, 如石柱和西天目, 即遗传与环境互作效应大。可见, 遗传型有差别的优良群体或个体 (无性系), 如何引种和优化栽培, 才能生产出可控的稳定高效的根茎原药材, 即地道药材, 是值得深入研究的一个问题。试验说明, 挥发油质量分数只有稳定达标, 才能成为适应性广的优良产地和正式优株, 否则只能在局部范围推广。

#### 2.5 花蕾数量

一株植株一般有 40 朵花, 最多的 100 朵以上。花是繁殖器官, 它与栽培目标——根茎是一对矛盾, 即花多了, 根茎就小。为此, 药农们不得不在炎热的夏天几次摘除花蕾。这不仅工作量大, 还会因摘花蕾摇动根茎而招致病害。所以, 优株应该是花少的单株。从表 1 可见, 花蕾数目在产地间和个体间差异达极显著, 花蕾最少的正常植株只有试验总体和最优群体均数的 35% 和 50%。它的遗传力为 0.952, 即基本上受遗传控制, 选择可获得很好的遗传改良效果。所以, 优良产地花蕾均数不能超过试验总体平均水平, 优株花蕾数应小于等于小样地均数的 60%。

#### 2.6 植株高度及地径

植株主茎高又细, 易摇动, 甚至歪斜, 植株相互叠压, 光照和通气差, 易发病, 影响根茎产量。优株应是独茎粗矮型。从表 1 可见, 株高及地径在产地间和个体间差异达极显著或 10% 的显著水平, 其遗传力分别为 0.764 和 0.307。主秆最矮和最粗的产地都极显著、显著优于总体均数。上述 2 株优株株高和地径分别为总体均数的 70% 和 150%。所以, 优良产地的株高应低于总体均数, 优株的株高应小于等于小样地均数的 75%; 地径受环境影响较大, 不必苛求。

#### 2.7 冠型 (含冠幅、10 cm 长侧枝叶片数和最大叶宽)

株冠大小影响到光合作用产物多少, 光合净产物是决定根茎质量的因素。冠幅还关系到栽植密度, 影响单产的高低。叶片大且多, 侧枝与主枝夹角小的浓密窄冠深绿色的冠型是优良类型。优良产地应以这类植株占多数, 优株一般应是这类冠型。从表 1 可见, 最大叶宽、10 cm 长侧枝叶片数和冠幅的差异程度分别为极显著、显著和不显著, 遗传力分别为 0.797, 0.479 和 0.203, 即冠型的 3 个具体指标选择效果不同。所以, 应着重株冠浓密度 (叶宽与叶片数) 的选择, 冠幅可放宽要求。

#### 2.8 优良产地选择

根据 2003—2004 年试验结果分析, 天台石梁和临安西天目 2 个产地具有抗病性较强、根茎产量稳定高产、挥发油质量分数显著超标和优形品率高等 4 个优点, 花蕾数、冠型和株高 3 个性状也居上水平, 可初定为优良产地。它们投产后, 预计根茎产量遗传增益  $\Delta G = 29.3\% [(32\% + 58\%) / 2 \times 0.65]$  和  $23.9\% [(45\% + 28.5\%) / 2 \times 0.65]$  (2004 年的增产幅度按表 3 数据的 25% 计算); 还有, 由于挥发油质量分数高和优形品率高使价格提高 50% 以上; 抗性较强等而减少用药用工成本, 综合起来可提高经济效益约 1.0 倍, 大田生产约可提高 50%。此外, 建阳、寿宁等 4 个产地各有优势, 值得继续试验。

### 3 优株选择

优株, 即在相似环境条件和管理措施下, 抗病性、根茎质量及其形状、挥发油质量和花蕾数等主要性状显著优于其他个体的单株。

### 3.1 方法

在大面积踏查基础上, 目测符合标准的预选优株。而后以它为中心, 在约 150 株(约  $10\text{ m}^2$ ) 的小样地内, 按优株各指标标准, 逐项测定评比。限制性和主要的指标必须达标, 其他指标也合格或基本合格, 则为初选优株, 填写初选优株登记表。然后相互比较, 选出约 30% 为复选优株。若挥发油质量分数检测合格, 就定为正式优株。所以, 选优过程包括踏查预选、小样地实测初选、比较复选、检测决选等 4 个阶段。

### 3.2 指标与标准

3.2.1 抗性强 无致死性病害或很轻微, 抗水湿等逆境能力强, 虫害轻于小样地平均程度。

3.2.2 根茎量重质优 根茎质量大于等于小样地均数的 140%。挥发油质量分数达到或超过相关标准, 形态为典型的蛙形或鸡腿形。

3.2.3 花蕾少 单株花蕾数小于等于小样地均数的 60%, 绝对数  $\leq 30$  朵。

3.2.4 冠型优 冠幅小于等于小样地均数的 80%, 10 cm 长侧枝叶片数  $\geq 6$  片, 最大叶宽度  $\geq 3.5$  cm, 叶色浓绿, 即浓密、深绿色、窄冠型。

3.2.5 独茎且粗矮 独茎, 株高小于等于小样地均数的 75%, 地径大于等于小样地均数的 140%。

按这个方法和标准, 优株入选率为 0.05% ~ 0.1%。它们的混合子代根茎产量遗传增益约 100% (参见 2.2); 还由于根茎优形品率提高和挥发油质量分数显著超标, 可提高价格约 1.0 倍, 抗性强等而减少用药用工成本, 综合起来, 理论上可提高经济效益 2.0 倍以上, 大田生产约可提高 1.0 倍。

此外, 在发生毁灭性病害等严重逆境下, 注意选择相似条件下的健壮植株。它可直接用于生产, 或做为杂交育种的亲本材料。

## 4 结论与讨论

白术根茎形状、质量、挥发油质量分数和抗性等主要性状, 产地间和个体间差异极显著或显著, 即根茎原药材规格质量参差不齐。它远不能达到“安全、有效、稳定和可控”的质量要求, 影响中药疗效, 不利于提高种植药材的经济效益, 在国际中药材市场上也缺乏竞争力。主要原因是种植材料非常混杂, 至今尚无品种, 即使少数农家品种, 也相当混杂。因此, 必须抓紧选育优良品种, 逐步实现种植材料良种化。这是中药材生产质量管理规范(GAP)的基础环节。

白术抗性、根茎质量、根茎形态、挥发油质量分数和花蕾个数等主要性状, 在产地间和个体间存在广泛的遗传变异, 各性状间又无显著负相关, 这预示着自然界存在优良群体和个体, 它为选择提供丰富的种质资源。大多数主要性状的遗传力中等或强, 即它们主要受遗传控制, 选择可获得较大的遗传改良效果。由于个体间变异大于产地(群体)间的变异, 个体选择尤其是优良群体内选优良单株, 累积了 2 个层次的遗传增益, 可以获得更大的遗传改良效果。

根据抗病性、根茎产量、根茎形状和挥发油质量分数等 4 个主要指标, 参考其他指标, 选择优良产地品种是有效的。它可尽快提供优良产地品种种子, 初步改变当前种植材料混杂、根茎原药材规格质量参差不齐的落后局面。

在全面踏查预选基础上, 采用小样地比较法评选优株的方法是正确的。抗病性、根茎和植株地上部分等 3 方面指标, 是当前生产所必须的, 其标准也是切实可行的。其中抗病性是限制性指标, 它不合格, 不能入选; 根茎是栽培的目标, 也必须达标; 植株地上部分与根茎产量、品质和工效密切相关, 是重要指标, 一般也要符合标准。

抗性特强等单项优株, 也要注意选择。它们有的可直接投入生产, 有的可当杂交育种或者获取目的基因的材料。

### 参考文献:

[1] 庄文庆. 药用植物育种学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1993.

[2] 斯金平, 童再康. 厚朴[M]. 北京: 中国农业出版社, 2001.

[3] 付顺华, 陈斌龙, 何福基, 等. 白术植株性状的相关性研究[J]. 中药材, 2003, 26(10): 695-697.

[4] 杨永康, 曾庆国, 廖朝林, 等. 咸丰白术规范化生产操作规程研究[J]. 现代中药研究与实践, 2004, 18(4): 51-59.

## Genetic analysis of main traits and selection of superior provenances and superior individuals of *Atractylodes macrocephala*

HE Fu-ji<sup>1</sup>, CHEN Bin-long<sup>2</sup>, HE Hao-liang<sup>2</sup>, FU Shun-hua<sup>1</sup>, WANG Yi-feng<sup>3</sup>

(1. School of Forestry and Biotechnology, Zhejiang Forestry College, Lin'an 311300, Zhejiang, China; 2. Pan'an Institute of Chinese Materia Medica, Pan'an 317200, Zhejiang, China; 3. Anli Ecological Landscape Company, Lin'an 311300, Zhejiang, China)

**Abstract:** It was found through cultivation of *Atractylodes macrocephala* from 20 provenances distributed in 8 provinces and cities from 2003 to 2004 that there were great differences in standard and quality of original rhizomes of *Atractylodes macrocephala*. The main reasons for this phenomenon are that the materials to be planted are in chaos and there were no cultivars so far. A genetic analysis reveals that there are great genetic variations either between provenances or between individuals in terms of main traits, and most traits have a medium or high heredity. So selection might lead to good genetically improved results. On the basis of characteristics of genetic variation, provenance test and selection of superior individuals, it was found that Shiliang in Tiantai County and West Mount Tianmu in Lin'an City were good provenances of *Atractylodes macrocephala*. Methodology and standard for selection of superior individuals were worked out. [Ch, 3 tab, 4 ref.]

**Key words:** *Atractylodes macrocephala*; genetic analysis; provenance selection; superior individual selection

## 《中南林学院学报》2006 年征订启事

《中南林学院学报》是综合性学术期刊, 教育部优秀期刊, 全国优秀高校学报, 湖南省优秀高校学报, 湖南省一级期刊。该刊是国家科技部中国科技论文统计源期刊, 中国科学引文数据库来源期刊, 中国学术期刊综合评价数据库来源期刊, 中国科技论文统计源期刊以及万方数据数字化期刊群、中国期刊网、中国学术期刊(光盘版)、中国期刊全文数据库、中文科技期刊数据库等首批入编期刊。其文章摘要被《中国林业文稿》《中国生物学文摘》《竹类文摘》, *Chinese Forestry Selected Abstracts*, 中国林业科技文献数据库和中国生物学文献数据库等检索刊物和数据库收录。

该刊刊登自然科学方面的论文。主要专业范围: 森林培育, 经济林, 森林保护, 水土保持, 园林, 旅游, 林学基础理论(包括林木遗传育种、植物学、土壤学、植物生理生化、森林生态、森林气象等), 生物科学, 生物技术, 生物工程, 森林工程, 木材科学, 室内与家具设计, 木材加工, 林产化工, 环境科学与工程, 食品科学与工程, 林业机械, 计算机科学与技术, 交通运输和土木工程等。论文的文体: 学术论文、研究报告、文献综述和试验简报。该刊适合于农林院校师生、农林科研院所、农林管理部门和生产单位的科技人员阅读。热忱欢迎各单位和广大读者订阅。

该刊为 A4 开本, 112 页, 双月出版, 国内外公开发行。每本定价 6.00 元, 全年 36.00 元。请订购者将订购款从邮局汇至: 410004 湖南省长沙市韶山南路 498 号, 中南林学院期刊社。户名: 中南林学院。开户银行: 建行长沙韶山南路支行。账号: 43001750661050003782。联系电话: 0731-5623278; E-mail: xb-csfu@163.com。