

欧洲黑杨无性系抗旱性综合鉴定研究

郑书星¹, 樊军锋¹, 苏晓华²

(1. 西北农林科技大学 林学院, 陕西 杨陵 712100; 2. 中国林业科学研究院 林业研究所, 北京 100091)

摘要:以 34 个引种欧洲黑杨无性系及 107 杨、陕林 3 号 2 个对照无性系为试验材料, 在水分胁迫条件下对无性系的生理和生长差异进行分析。建立了抗旱性筛选的指标体系, 对无性系抗旱能力进行了综合评价。各无性系在各项指标间存在着显著差异, 以净光合速率、单叶面积、苗高、生物量、渗透调节能力和细胞质膜透性 6 项指标作为无性系抗旱性筛选的综合鉴定指标。采用加权排序方法 (TOPSIS 法) 对无性系抗旱能力进行评价, 综合抗旱性较强的无性系包括 N9、N15、N19、N89、N91。

关键词:欧洲黑杨; 水分胁迫; 抗旱性; 鉴定指标; 综合评价

中图分类号:S792.119.01 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-7461(2005)01-0057-08

Study on Comprehensive Judgement of Drought-resistance of *Populus nigra*

ZHENG Shu-xing¹, FAN Jun-feng¹, SU Xiao-hua²

(1. Academy of Forestry, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2. Research Institute of Forestry, CAF, Beijing 100091, China)

Abstract: With 34 *Populus nigra* clones and 2 control clones (Popular 107, Shanlin No. 3) as the experimental materials, the growth and physiological properties of the clones were analyzed under water stress conditions. Index system on comprehensive judgment of drought resistance ability of the clones was suggested and the drought resistance ability of the clones was judged comprehensively. Significant differences of all the indices studied existed among the clones. The net photosynthesis rate, single leaf area, plant height, biomass, the ability of osmotic adjustment and the permeability of plasma membrane were suggested to be used as comprehensive judgment indices in drought-resistance clones selection. A method of weighted arrangement (TOPSIS) was used to judge the drought resistance of the clones. The clones that had strongest comprehensive drought-resistance abilities included N9, N15, N19, N89, N91.

Key words: *Populus nigra*; water stress; drought-resistance; appraisal index; comprehensive judgment

杨树主要分布于华北、西北等地区, 绝大部分属于干旱和半干旱地区^[1]。杨树品种抗旱能力是评价其适应性的重要指标之一。

植物的抗旱性是受许多形态、解剖和生理生化特性控制的复合遗传性状^[2]。植物通过多种途径来抵御或忍耐干旱胁迫的影响。单一的抗旱性鉴定指标, 难以反映出植物对干旱适应的综合能力。因此, 只有采用多项指标的综合评价, 才能比较准确地反映植物的抗旱水平。

通过对引种的欧洲黑杨 (*Populus nigra*) 无性系的抗旱性生理基础进行研究, 比较各无性系在干旱条件下各项生理和生长指标, 建立抗旱性筛选的综合指标体系, 对各无性系抗旱能力进行准确鉴定, 为欧洲黑杨抗旱品种选育提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

参试材料包括 34 个引进的欧洲黑杨无性系

(N1、N2、N4、N5、N6、N7、N8、N9、N10、N11、N13、N14、N15、N16、N17、N18、N19、N20、N21、N22、N31、N79、N85、N86、N87、N88、N89、N90、N91、N92、N93、N94、N95、N111)和2个对照系(107杨、陕林3号)。均采自周至县渭河试验站的引种欧洲黑杨基因库。

1.2 方法

取参试的各无性系枝条截取插穗,于2003年3月下旬扦插于塑料盆中。盆高30 cm,内径30 cm,盆中装土10 kg,所用土壤为陕西关中平原的塋土,田间持水量为250 g/kg。盆栽苗木放置于塑料大棚中,在充足的水分条件下正常生长,于6月份开始控水处理。设置3种土壤含水量水平,分别为田间持水量的100%(CK)、60%(I)、30%(II),每个无性系每个水分处理共设9盆,作为3次重复,完全随机区组排列。试验开始后,对照(CK)每隔3 d浇一次水,干旱处理I每隔6 d浇一次水,干旱处理II每隔9 d浇一次水,并结合称重法使各处理保持在设定含水量范围内。

1.3 测定指标

1.3.1 生长量 用刻度尺测定幼苗株高;游标卡尺测定地径。

1.3.2 生物量 测定苗木茎鲜重、根鲜重、插条鲜重、叶鲜重;将样品在105℃烘箱内烘至恒重,分别称干重;并用剪纸称重法测定叶面积。

1.3.3 叶水势 压力室法测定。试样取自苗木中部成熟叶片。

1.3.4 光合速率 用Li-6200型光合仪测定。选取欧洲黑杨中上部功能叶,重复3次。

1.3.5 细胞膜透性 用相对电导率表示。取各无性系的同位叶片作试材。DDS-11A电导仪测定电导值,相对电导率(%) = 实测电导值 × 100 / 绝对电导值。

1.4 数据分析方法及数学模型

每个无性系各指标综合评判主要采用模糊数学隶属函数计算公式^[2]进行定量转换后,再将各指标隶属函数值取平均,进行无性系比较。

$$\text{隶属函数公式为: } U(x_i) = \frac{X_i - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}}$$

式中: $U(x_i)$ 为隶属函数值, X_i 为无性系某项指标测定值; X_{\max} 和 X_{\min} 为所有参试无性系中某一指标内的最大值和最小值。

如果某一指标与综合评判结果为负相关,则用反隶属函数进行定量转换,计算公式为:

$$U(x_i) = 1 - \frac{X_i - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}}$$

各无性系抗旱能力加权排序采用多目标决策中逼近理想解的排序方法(TOPSIS法)^[4]。其主要原理是:

①给定原始矩阵 $A = (y_{ij})_{m \times n}$, m 为方案数(鉴定与评价对象), n 为属性数(抗旱指标)。由 A 构成规范决策矩阵 $Z = (z_{ij})_{m \times n}$ 。

$$z_{ij} = y_{ij} / \sqrt{\sum_{i=1}^m y_{ij}^2} \quad i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n$$

②构成加权的规范化决策矩阵,其中的元素 u_{ij} 为

$$u_{ij} = w_j z_{ij} \quad i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n$$

其中, w_j 是第 j 个属性的权重。

③确定理想解和负理想解

$$\text{令 } u_j^* = \begin{cases} \max_i u_{ij} & \text{对效益型目标} \\ \min_i u_{ij} & \text{对成本型目标} \end{cases}$$

$$u_j^0 = \begin{cases} \min_i u_{ij} & \text{对效益型目标} \\ \max_i u_{ij} & \text{对成本型目标} \end{cases}$$

则

$$\text{理想解 } u_j^* = \{u_1^*, u_2^*, \dots, u_n^*\}$$

$$\text{负理想解 } u_j^0 = \{u_1^0, u_2^0, \dots, u_n^0\}$$

④计算距离

每个方案到理想解的距离:

$$d_j^* = \sqrt{\sum_{i=1}^n (u_{ij} - u_j^*)^2} \quad i = 1, 2, \dots, m$$

每个方案到负理想解距离:

$$d_j^0 = \sqrt{\sum_{i=1}^n (u_{ij} - u_j^0)^2} \quad i = 1, 2, \dots, m$$

⑤计算每个方案对理想解的相对贴近度

$$C_i^* = d_j^0 / (d_j^0 + d_j^*) \quad i = 1, 2, \dots, m$$

⑥排列方案的优先次序 按 C_i^* 由大到小排序,排在前面的方案优先选用。

2 结果与分析

2.1 无性系抗旱能力综合鉴定指标体系

根据Levitt(1980)^[6]和Turner(1983)^[7]对植物抗旱机理的分类思想及欧洲黑杨无性系抗旱育种的实际需要,建立了鉴定黑杨无性系抗旱性的指标体

系(表1)。

表1 黑杨无性系抗旱性鉴定指标体系

Table 1 Index system used for comprehensive judgement of drought resistance ability of <i>P. nigra</i>	
性 状	指 标
对干旱的适应能力	根茎比
	叶水势
	渗透调节
	细胞质膜透性
抗旱生产力	净光合速率
	单叶面积
	茎干重
	根干重
	叶干重
	苗高
	生物量

鉴定指标体系主要从植物对干旱的适应性和抗旱生产力两方面考虑。可以看出,这一指标体系基本上概括了树木对干旱的适应性和抗旱生产力的主要方面,用它们来评判无性系的抗旱能力,能够得到比较客观的结果。

表1中,适应性指标中的茎根比是由40%供水处理下各无性系根/茎生物量比值与100%供水处理的根/茎比值相比,计算隶属函数值。叶水势是由40%供水处理下各无性系的水势值与100%正常供水处理的水势值相比,再计算反隶属函数值。渗透调节是由40%供水处理下各无性系脯氨酸绝对含量与对照组的脯氨酸绝对含量相比,再计算隶属函数值。细胞质膜透性是由无性系离体叶片的相对电导率评判结果表示。抗旱生产力指标包括净光合速率、单叶面积、茎干重、根干重、叶干重、苗高和生物量,分别以各指标在60%供水处理和40%供水处理得到的平均值与100%正常水分处理的值相比,并计算隶属函数值。根据表1指标体系可对各无性系抗旱性作出综合评价。

2.1.1 无性系对干旱的适应能力 表2表明,各无性系对干旱的适应能力不同,且不同无性系表现出不同抗旱特征。供试的欧洲黑杨多数无性系综合排位在参照系陕3(27位)、107(30位)之前,说明引种欧洲黑杨其适应性广。其中,N10、N17、N11、N20、N93、N79等无性系对干旱逆境适应性较强。但不同无性系抗旱途径却有差异,如N10、N79的耐脱水能力、吸水能力较强;而N11主要在耐脱水能力和渗透调节能力上表现较好。

2.1.2 抗旱生产力 由表3可知,各无性系在中度和重度水分胁迫下抗旱生产力不同。土壤含水量由

60%降至40%,随着水分胁迫的加强,抗旱生产力变化最大的无性系是N89、N95和N10,N89由第1位降至第20位;N95由第12位降至36位;而N10则由第17位提高到第2位。

表2 无性系对干旱适应性指标隶属函数值及综合评判结果

Table 2 Function values of subordination and the result of comprehensive judgement on adaptability to drought						
无性系	渗透调节	细胞质膜透性	根茎比	叶水势	综合评价	位次
N1	0.390 0	0.133 8	0.000 0	0.729 1	0.313 2	35
N2	0.089 4	0.286 7	0.093 0	0.780 6	0.312 4	36
N4	0.428 0	0.429 1	0.017 0	0.554 8	0.357 2	33
N5	0.348 2	0.694 1	0.273 0	0.633 8	0.487 3	24
N6	0.021 3	0.493 5	0.486 0	0.793 4	0.448 6	29
N7	0.417 5	0.504 0	0.241 0	0.841 9	0.501 1	20
N31	0.579 6	0.801 3	0.091 0	0.850 4	0.580 6	15
N9	1.000 0	0.379 6	0.184 0	0.912 5	0.619 0	11
N10	0.571 3	0.806 9	0.879 0	0.795 0	0.763 1	1
N11	0.746 7	0.911 9	0.506 0	0.670 8	0.708 9	3
N13	0.000 0	0.237 6	0.638 0	0.940 5	0.454 0	28
N14	0.549 7	0.744 9	0.075 0	0.297 6	0.416 8	31
N15	0.810 8	0.644 6	0.302 0	0.800 7	0.639 5	8
N16	0.442 4	0.923 6	0.338 0	0.633 8	0.584 5	12
N17	0.312 3	0.931 4	0.990 0	0.702 4	0.734 0	2
N18	0.191 0	0.837 3	0.377 0	0.665 8	0.517 8	18
N19	0.522 2	0.515 8	0.306 0	0.922 1	0.566 5	16
N20	0.340 8	0.910 0	0.712 0	0.844 8	0.701 9	4
107	0.333 0	0.834 9	0.074 0	0.446 0	0.422 0	30
N22	0.525 3	0.833 3	0.402 0	0.778 8	0.634 9	9
N87	0.396 7	0.000 0	0.226 0	0.770 6	0.348 3	34
N88	0.380 6	0.419 1	0.406 0	0.785 0	0.497 7	21
N89	0.338 9	0.371 8	0.313 0	0.858 7	0.470 6	26
N90	0.416 2	0.570 2	0.262 0	0.740 2	0.497 2	22
N91	0.570 6	0.462 2	0.635 0	0.950 7	0.654 6	7
N92	0.325 0	0.498 0	0.234 0	1.000 0	0.514 3	19
N93	0.343 1	0.478 5	1.000 0	0.891 6	0.678 3	5
N94	0.384 9	0.623 1	0.387 0	0.933 1	0.582 0	13
N111	0.380 6	0.918 2	0.141 0	0.741 3	0.545 3	17
N8	0.369 1	0.379 8	0.337 0	0.800 7	0.471 7	25
N21	0.433 3	1.000 0	0.253 0	0.638 3	0.581 2	14
N79	0.636 2	0.903 6	0.637 0	0.519 9	0.674 2	6
N85	0.250 8	0.808 7	0.420 0	0.066 9	0.386 6	32
N86	0.347 8	0.762 5	0.688 0	0.741 3	0.634 9	10
N95	0.335 5	0.801 6	0.032 0	0.814 6	0.495 9	23
陕3	0.437 2	0.879 2	0.513 0	0.000 0	0.457 4	27

根据无性系对干旱的适应性和抗旱生产力评判结果,可对各无性系的抗旱能力作出综合评价。由表1、表2、表3综合分析可知,无性系N91、N20在适应性和抗旱生产力方面均表现较好,表明其抗旱生产力较强;N19、N92、N8、N85抗旱生产力较高,但适应性较差;N10对干旱的适应性和重度水分胁迫时抗旱生产力均比较高,但在中度水分胁迫时,抗旱生产力较低。

表 3 无性系抗旱生产力指标值及综合评判结果

Table 3 Index value of productivity during drought stress and the result of comprehensive judgement

干旱胁迫	无性系	光合速率	单叶面积	茎干重	根干重	叶干重	苗高	生物量	综合评价	位次
中度	N1	0.4640	0.246	1.000	0.271	0.656	0.908	0.641	0.598 0	13
	N2	0.556	0.379	0.522	0.311	0.417	0.509	0.342	0.433 7	28
	N4	0.177	0.000	0.770	0.000	0.000	0.940	0.262	0.307 0	35
	N5	0.494	0.405	0.503	0.325	0.333	0.547	0.408	0.430 7	29
	N6	0.912	0.227	0.408	0.231	0.465	0.180	0.199	0.374 6	31
	N7	0.655	0.300	0.688	0.298	0.628	1.000	0.414	0.569 0	15
	N31	0.446	0.516	0.65	0.424	0.599	0.743	0.545	0.560 4	16
	N9	0.300	0.409	0.613	0.495	0.627	0.609	0.512	0.509 3	25
	N10	0.000	0.725	0.73	0.565	0.647	0.568	0.653	0.555 4	17
	N11	0.491	0.294	0.159	0.803	1.000	0.697	0.425	0.552 7	18
	N13	0.365	0.707	0.663	0.629	0.643	0.426	0.607	0.577 1	14
	N14	0.890	0.119	0.843	0.370	0.652	0.359	0.531	0.537 7	23
	N15	0.367	0.466	0.787	0.729	0.329	0.422	0.740	0.548 6	20
	N16	0.787	0.451	0.343	0.371	0.325	0.581	0.266	0.446 3	27
	N17	0.800	0.199	0.396	0.775	0.292	0.753	0.634	0.549 9	19
	N18	0.721	0.013	0.138	0.182	0.420	0.000	0.000	0.210 6	36
	N19	0.950	1.000	0.697	0.504	0.896	0.742	0.597	0.769 4	4
	N20	0.665	0.432	0.750	0.845	0.477	0.473	0.765	0.629 6	10
	107	1.000	0.321	0.835	0.141	0.390	0.725	0.417	0.547 0	21
	N22	0.496	0.617	0.667	0.616	0.894	0.675	0.587	0.650 3	8
	N87	0.660	0.163	0.175	0.174	0.072	0.886	0.033	0.309 0	34
	N88	0.741	0.300	0.270	0.097	0.252	0.537	0.053	0.321 4	33
	N89	0.770	0.956	0.712	0.822	0.802	0.868	0.763	0.813 3	1
万方数据	N90	0.777	0.441	0.799	0.481	0.410	0.883	0.616	0.629 6	9
	N91	0.810	0.601	0.828	0.893	0.651	0.899	0.866	0.792 6	3
	N92	0.909	0.708	0.671	0.512	0.918	0.822	0.505	0.720 7	6
	N93	0.559	0.301	0.525	0.680	0.198	0.969	0.532	0.537 7	22
	N94	0.708	0.436	0.603	0.625	0.764	0.683	0.573	0.627 4	11
	N111	0.641	0.771	0.528	0.290	0.618	0.442	0.304	0.513 4	24
	N8	0.849	0.877	0.945	0.615	0.768	0.737	0.787	0.796 9	2
	N21	0.637	0.383	0.601	0.073	0.012	0.455	0.226	0.341 0	32
	N79	0.603	0.178	0.000	0.883	0.692	0.498	0.126	0.425 7	30
	N85	0.612	0.592	0.764	0.542	0.896	0.751	0.541	0.671 1	7
	N86	0.855	0.437	0.975	1.000	0.534	0.561	1.000	0.766 0	5
	N95	0.452	0.589	0.628	0.546	0.894	0.559	0.555	0.603 3	12
重度	陕 3	0.584	0.594	0.439	0.307	0.286	0.737	0.307	0.464 9	26
	N1	0.437	0.216	0.709	0.023	0.306	0.937	0.550	0.454 0	23
	N2	0.009	0.235	0.544	0.095	0.154	0.581	0.434	0.293 2	35
	N4	0.297	0.000	0.635	0.029	0.000	0.954	0.396	0.330 2	31
	N5	0.442	0.273	0.551	0.299	0.213	0.761	0.689	0.461 1	21
	N6	0.720	0.378	0.000	0.154	0.670	0.248	0.000	0.310 0	33
	N7	0.705	0.355	0.636	0.302	0.688	0.910	0.626	0.603 1	10
	N31	0.569	0.317	0.598	0.108	0.369	0.812	0.644	0.488 1	19
	N9	0.088	0.464	0.585	0.213	0.800	0.679	0.588	0.488 2	18
	N10	0.160	0.875	0.564	1.000	0.841	0.819	0.979	0.748 3	2
	N11	0.000	0.300	0.186	0.300	0.721	0.787	0.264	0.365 5	26
	N13	0.233	0.677	0.523	0.689	0.733	0.461	0.826	0.591 7	11
	N14	1.000	0.370	1.000	0.201	0.528	0.352	0.802	0.607 6	9
	N15	0.515	0.392	0.610	0.409	0.453	0.701	0.795	0.566 4	12
	N16	0.429	0.370	0.349	0.263	0.342	0.519	0.390	0.380 4	25
	N17	0.603	0.373	0.307	0.812	0.433	0.229	0.938	0.527 9	14
	N18	0.884	0.147	0.310	0.276	0.554	0.000	0.317	0.355 4	28
	N19	0.774	0.782	0.806	0.468	0.759	0.742	0.995	0.760 9	1
	N20	0.628	0.272	0.598	0.841	0.439	0.717	0.956	0.635 8	6

(续表 3)

干旱胁迫	无性系	光合速率	单叶面积	茎干重	根干重	叶干重	苗高	生物量	综合评价	位次
重度	I07	0.477	0.239	0.728	0.124	0.262	0.771	0.578	0.454 1	22
	N22	0.800	0.328	0.406	0.356	0.466	0.654	0.465	0.496 4	17
	N87	0.710	0.202	0.259	0.121	0.227	1.000	0.176	0.385 0	24
	N88	0.578	0.090	0.184	0.223	0.293	0.668	0.207	0.320 4	32
	N89	0.433	1.000	0.334	0.232	0.299	0.771	0.280	0.478 5	20
	N90	0.689	0.628	0.537	0.281	0.533	0.617	0.565	0.550 1	13
	N91	0.820	0.570	0.629	0.777	0.490	0.736	1.000	0.717 5	3
	N92	0.935	0.552	0.535	0.249	1.000	0.894	0.434	0.656 9	5
	N93	0.526	0.286	0.299	0.810	0.112	0.916	0.623	0.510 2	15
	N94	0.646	0.518	0.380	0.326	0.581	0.562	0.495	0.501 2	16
	N111	0.670	0.519	0.345	0.080	0.487	0.226	0.205	0.361 7	27
	N8	0.273	0.615	0.791	0.504	0.5280	0.619	0.945	0.610 7	8
	N21	0.351	0.203	0.351	0.185	0.149	0.606	0.308	0.307 5	34
	N79	0.389	0.315	0.184	0.397	0.311	0.547	0.309	0.350 3	29
	N85	0.299	0.472	0.618	0.509	0.796	0.934	0.713	0.620 1	7
	N86	0.755	0.691	0.543	0.763	0.349	0.638	0.880	0.659 9	4
	N95	0.167	0.286	0.435	0.000	0.031	0.478	0.358	0.250 7	36
	陕3	0.197	0.370	0.179	0.300	0.399	0.619	0.266	0.333 0	30

上述指标体系从不同角度,反映了无性系抗旱能力。在实际育种工作中,应根据育种目标的不同,有所侧重。如果培育的品种是应用于干旱较轻的地区或灌溉条件较好的地区,则应主要根据中度水分胁迫下的抗旱生产力选择品种;如培育的品种应用于干旱地区或灌溉条件较差的地区,选择的指标则应主要根据重度水分胁迫时的抗旱生产力,同时考虑对干旱的适应能力;如培育的品种应用于立地条件比较差,造林难以成活的地区,则无性系品种对土壤干旱胁迫的适应能力应该成为主要的选种依据。

2.2 抗旱性鉴定指标分析

虽然应用上述指标体系鉴定无性系的抗旱性具有较高的客观性和科学性,但这些评定指标有许多测定方法比较复杂,在实验应用中具有一定的局限性,难以在大量育种工作中应用。因此,在这一指标体系的基础上,研究各指标之间的相互关系,对各指标的代表性进行分析,筛选具有代表性和测定方法比较简单的指标,用于抗旱品种筛选,具有重要意义。

表4表明,这4项指标之间均未达到显著相关水平,说明各指标之间是相互独立的。这4项指标中,只有叶水势与综合评判结果未表现出显著正相关,其他指标均与综合评判结果达到了显著正相关水平。由表5可见,各指标由于所代表意义基本相同,指标间均表现为正相关;各项指标与综合评判结果达到了显著或极显著正相关,说明各指标均能较好地反映无性系抗旱生产力的差异。

形态指标测定方法比较简单直观,但对水分亏

缺的反应不甚敏感,可作为参考指标应用。选择合适的生理指标能较好地反映植物的抗旱特性,但生理指标的测定需要一定的设备和控制特定的条件,因而限制了它们的广泛应用。杨敏生等^[5]研究结果表明,生理指标对水分亏缺反映比较敏感,与生长指标相比,遗传变异一般都比较小。通过在干旱胁迫下直接研究树木生长和产量等指标的受害程度,进而对无性系抗旱能力作出判断是应用最广泛和最直接的鉴定方法,能取得较好效果。生长指标一般对水分比较敏感,遗传变异较大,选择余地较大^[5],可在抗旱性鉴定中应用,特别是在抗旱品种选育中,用于鉴定育种材料抗旱生产力时,效果较好。但树木是多年生植物,用苗期进行抗旱生产力鉴定时应采用相对指标,同时,苗期的抗旱性能够在多大程度上反映成年树木的抗旱能力,还有待进一步研究。

表 4 干旱适应性指标相关分析

Table 4 Correlation analysis of indices of adaptability to drought

渗透调节	原生质耐干化	根茎比	叶水势	综合评价	
渗透调节	1				
细胞质膜透性	0.181	1			
根茎比	-0.079	0.230	1		
叶水势	0.020	-0.411	0.092	1	
综合评价	0.473	0.543	0.682	0.305	1

注:r_{0.05}=0.324 6,r_{0.01}=0.418 2。

综上所述,拟选取渗透调节能力、细胞质膜透性、净光合速率、苗高、单叶面积和生物量为鉴定指标,用于无性系对干旱适应性和抗旱生产力的综合鉴定。

2.3 无性系抗旱能力综合评价

以渗透调节能力、细胞质膜透性、净光合速率、

单叶面积、苗高和生物量 6 项指标对欧洲黑杨无性系进行抗旱性综合鉴定。

表 5 抗旱生产力指标间的相关分析

Table 5 Correlation analysis of identification indices of drought resistance

	净光合速率	单叶面积	茎干重	根干重	叶干重	苗高	生物量	综合评价
净光合速率	1	0.061	0.011	0.034	0.085	0.030	0.011	0.255
单叶面积	0.047	1	0.380	0.356	0.539	0.176	0.515	0.713
茎干重	0.121	0.193	1	0.141	0.202	0.316	0.766	0.649
根干重	0.062	0.446	0.077	1	0.501	0.111	0.711	0.682
叶干重	0.170	0.524	0.144	0.307	1	0.048	0.431	0.682
苗高	0.197	0.009	0.281	0.032	0.057	1	0.304	0.428
生物量	0.097	0.408	0.715	0.707	0.267	0.158	1	0.876
综合评价	0.344	0.642	0.616	0.682	0.583	0.385	0.846	1

注:右上角为中度水分胁迫下指标间的相关系数;左下角为重度水分胁迫下指标间的相关系数。 $r_{0.05}=0.324\ 6$, $r_{0.01}=0.418\ 2$

表 6 表明,在中度水分胁迫下,抗旱能力较强的 N111、N85、107;而适应于重度水分胁迫逆境的前 10 前 10 个无性系为 N19、N91、N8、N92、N86、N11、N89、个无性系则为 N19、N10、N91、N86、N15、N20、N14、

表 6 各无性系抗旱性指标隶属函数值及抗旱能力综合评判

Table 6 Function value of subordination and the comprehensive judgement on drought-resistance of clones

干旱胁迫	无性系	渗透调节	膜透性	光合速率	单叶面积	苗高	生物量	综合评价	位次	C_i^*	位次
万方数据	N1	0.642 2	0.118 1	0.464 0	0.246 0	0.908 0	0.641 0	0.503 2	25	0.631 6	2
	N2	0.092 8	0.346 5	0.556 0	0.379 0	0.509 0	0.342 0	0.370 9	33	0.349 0	29
	N4	0.280 0	0.678 2	0.177 0	0.000 0	0.940 0	0.262 0	0.389 5	32	0.301 8	34
	N5	0.180 8	0.629 5	0.494 0	0.405 0	0.547 0	0.408 0	0.441 0	30	0.303 9	33
	N6	0.000 0	0.487 7	0.912 0	0.227 0	0.180 0	0.199 0	0.334 3	34	0.284 3	35
	N7	0.419 3	0.508 6	0.655 0	0.300 0	1.000 0	0.414 0	0.549 5	21	0.461 0	20
	N31	0.582 8	0.829 5	0.446 0	0.516 0	0.743 0	0.545 0	0.610 4	15	0.477 8	16
	N9	0.613 6	0.263 2	0.300 0	0.409 0	0.609 0	0.512 0	0.451 1	29	0.583 1	4
	N10	0.491 5	0.661 8	0.000 0	0.725 0	0.568 0	0.653 0	0.516 6	23	0.474 3	17
	N11	1.000 0	0.958 0	0.491 0	0.294 0	0.697 0	0.425 0	0.644 2	6	0.567 2	6
中度	N13	0.013 5	0.636 3	0.365 0	0.707 0	0.426 0	0.607 0	0.459 1	28	0.313 8	32
	N14	0.745 1	0.845 7	0.890 0	0.119 0	0.359 0	0.531 0	0.581 6	20	0.505 8	13
	N15	0.732 0	0.842 4	0.367 0	0.466 0	0.422 0	0.740 0	0.594 4	19	0.530 7	9
	N16	0.642 2	0.890 9	0.787 0	0.451 0	0.581 0	0.266 0	0.603 0	16	0.470 1	18
	N17	0.382 5	0.904 3	0.800 0	0.199 0	0.753 0	0.634 0	0.612 1	13	0.372 9	27
	N18	0.101 7	0.867 8	0.721 0	0.013 0	0.000 0	0.000 0	0.283 9	36	0.160 6	36
	N19	0.562 8	0.717 1	0.950 0	1.000 0	0.742 0	0.597 0	0.761 5	1	0.570 0	5
	N20	0.531 9	0.813 6	0.665 0	0.432 0	0.473 0	0.765 0	0.613 4	11	0.468 2	19
	107	0.387 3	0.867 1	1.000 0	0.321 0	0.725 0	0.417 0	0.619 6	10	0.382 4	26
	N22	0.586 5	0.705 6	0.496 0	0.617 0	0.675 0	0.587 0	0.611 2	14	0.520 5	10
	N87	0.246 2	0.000 0	0.660 0	0.163 0	0.886 0	0.033 0	0.331 4	35	0.457 3	21
	N88	0.438 2	0.359 0	0.741 0	0.300 0	0.537 0	0.053 0	0.404 7	31	0.452 0	22
	N89	0.411 3	0.094 5	0.770 0	0.956 0	0.868 0	0.763 0	0.643 8	7	0.624 9	3
	N90	0.649 6	0.307 2	0.777 0	0.441 0	0.883 0	0.616 0	0.612 3	12	0.648 3	1
	N91	0.531 9	0.627 7	0.810 0	0.601 0	0.899 0	0.866 0	0.722 6	2	0.564 3	7
	N92	0.437 8	0.555 6	0.909 0	0.708 0	0.822 0	0.505 0	0.656 2	4	0.516 2	11
	N93	0.528 1	0.387 0	0.559 0	0.301 0	0.969 0	0.532 0	0.546 0	22	0.541 4	8
	N94	0.555 5	0.623 4	0.708 0	0.436 0	0.683 0	0.573 0	0.596 5	18	0.515 2	12
	N111	0.700 5	1.000 0	0.641 0	0.771 0	0.442 0	0.304 0	0.643 1	8	0.494 5	14
	N8	0.280 2	0.515 1	0.849 0	0.877 0	0.737 0	0.787 0	0.674 2	3	0.492 2	15
	N21	0.449 2	0.911 0	0.637 0	0.383 0	0.455 0	0.226 0	0.510 2	24	0.352 2	28
	N79	0.464 5	0.935 1	0.603 0	0.178 0	0.498 0	0.126 0	0.467 4	27	0.330 8	31
	N85	0.459 3	0.782 2	0.612 0	0.592 0	0.751 0	0.541 0	0.622 9	9	0.447 6	23
	N86	0.287 0	0.778 6	0.855 0	0.437 0	0.561 0	1.000 0	0.653 1	5	0.414 0	25
	N95	0.177 5	0.641 2	0.452 0	0.589 0	0.559 0	0.555 0	0.495 6	26	0.340 3	30
	陕 3	0.497 4	0.866 7	0.584 0	0.594 0	0.737 0	0.307 0	0.597 7	17	0.425 2	24

(续表 6)

干旱胁迫	无性系	渗透调节	膜透性	光合速率	单叶面积	苗高	生物量	综合评价	位次	C_i^*	位次
重度	N1	0.390 0	0.133 8	0.437 0	0.216 0	0.937 0	0.550 0	0.444 0	28	0.496 5	8
	N2	0.089 4	0.286 7	0.009 0	0.235 0	0.581 0	0.434 0	0.272 5	36	0.318 9	32
	N4	0.428 0	0.429 1	0.297 0	0.000 0	0.954 0	0.396 0	0.417 4	29	0.421 4	21
	N5	0.348 2	0.694 1	0.442 0	0.273 0	0.761 0	0.689 0	0.534 6	17	0.366 3	24
	N6	0.021 3	0.493 5	0.720 0	0.378 0	0.248 0	0.000 0	0.310 1	35	0.291 5	34
	N7	0.417 5	0.504 0	0.705 0	0.355 0	0.910 0	0.626 0	0.586 3	11	0.476 3	12
	N31	0.579 6	0.801 3	0.569 0	0.317 0	0.812 0	0.644 0	0.620 5	8	0.479 2	10
	N9	1.000 0	0.379 6	0.088 0	0.464 0	0.679 0	0.588 0	0.533 1	19	0.680 1	1
	N10	0.571 3	0.806 9	0.160 0	0.875 0	0.819 0	0.979 0	0.701 9	2	0.520 6	5
	N11	0.746 7	0.911 9	0.000 0	0.300 0	0.787 0	0.264 0	0.501 6	24	0.475 3	13
	N13	0.000 0	0.237 6	0.233 0	0.677 0	0.461 0	0.826 0	0.405 8	31	0.376 3	23
	N14	0.549 7	0.744 9	1.000 0	0.370 0	0.352 0	0.802 0	0.636 4	7	0.505 3	7
	N15	0.810 8	0.644 6	0.515 0	0.392 0	0.701 0	0.795 0	0.643 1	5	0.623 7	2
	N16	0.442 4	0.923 6	0.429 0	0.370 0	0.519 0	0.390 0	0.512 3	23	0.352 8	26
	N17	0.312 3	0.931 4	0.603 0	0.373 0	0.229 0	0.938 0	0.564 5	14	0.336 5	29
	N18	0.191 0	0.837 3	0.884 0	0.147 0	0.000 0	0.317 0	0.396 1	33	0.273 5	36
	N19	0.522 2	0.515 8	0.774 0	0.782 0	0.742 0	0.995 0	0.721 8	1	0.594 9	4
	N20	0.340 8	0.910 0	0.628 0	0.272 0	0.717 0	0.956 0	0.637 3	6	0.364 9	25
	107	0.333 0	0.834 9	0.477 0	0.239 0	0.771 0	0.578 0	0.538 8	15	0.325 5	30
	N22	0.525 3	0.833 3	0.800 0	0.328 0	0.654 0	0.465 0	0.600 9	10	0.450 3	16
	N87	0.396 7	0.000 0	0.710 0	0.202 0	1.000 0	0.176 0	0.414 1	30	0.519 9	6
	N88	0.380 6	0.419 1	0.578 0	0.090 0	0.668 0	0.207 0	0.390 5	34	0.408 0	22
	N89	0.338 9	0.371 8	0.433 0	1.000 0	0.771 0	0.280 0	0.532 5	20	0.490 7	9
	N90	0.416 2	0.570 2	0.689 0	0.628 0	0.617 0	0.565 0	0.580 9	12	0.475 1	14
万方数据	N91	0.570 6	0.462 2	0.820 0	0.570 0	0.736 0	1.000 0	0.693 1	3	0.611 1	3
	N92	0.325 0	0.498 0	0.935 0	0.552 0	0.894 0	0.434 0	0.606 3	9	0.464 2	15
	N93	0.343 1	0.478 5	0.526 0	0.286 0	0.916 0	0.623 0	0.528 8	21	0.423 7	19
	N94	0.384 9	0.623 1	0.646 0	0.518 0	0.562 0	0.495 0	0.538 2	16	0.423 6	20
	N111	0.380 6	0.918 2	0.670 0	0.519 0	0.226 0	0.205 0	0.486 5	25	0.345 9	27
	N8	0.369 1	0.379 8	0.273 0	0.615 0	0.619 0	0.945 0	0.533 5	18	0.478 4	11
	N21	0.433 3	1.000 0	0.351 0	0.203 0	0.606 0	0.308 0	0.483 6	26	0.317 8	33
	N79	0.636 2	0.903 6	0.389 0	0.315 0	0.547 0	0.309 0	0.516 6	22	0.446 1	17
	N85	0.250 8	0.808 7	0.299 0	0.472 0	0.934 0	0.713 0	0.579 6	13	0.324 6	31
	N86	0.347 8	0.762 5	0.755 0	0.691 0	0.638 0	0.880 0	0.679 1	4	0.438 7	18
	N95	0.335 5	0.801 6	0.167 0	0.286 0	0.478 0	0.358 0	0.404 4	32	0.276 8	35
	陕 3	0.437 2	0.879 2	0.197 0	0.370 0	0.619 0	0.266 0	0.461 4	27	0.337 2	28

N31、N92、N22。不同水分处理下,各无性系的抗旱能力排序有所变化,这是由于各无性系对不同干旱逆境的适应性不同所造成的。

上述用于抗旱性鉴定的 6 个指标,代表了不同方面的意义。净光合速率、单叶面积、苗高、生物量主要反映了抗旱生产力的大小;渗透调节和细胞膜透性则反映了苗木对干旱的适应能力。由于各方面的指标数不同,采用加权选择法能更准确地反映无性系的综合抗旱能力,同时也具有更大的灵活性。例如,以提高抗旱生产力为主要育种目标,可通过提高该项指标的权重来进行选择。如以抗旱生产力和对干旱适应能力各占相同比例为例,进行抗旱排序,则渗透调节能力、细胞质膜透性、净光合速率、单叶面积、苗高、生物量的权重应分别为 1/4、1/4、1/8、

1/8、1/8、1/8。加权排序的方法采用多目标决策中逼近于理想解的排序方法(TOPSIS)进行排序。根据 TOPSIS 法经数据转换计算可得到各无性系对理想解的相对贴近度 C_i^* ,依据 C_i^* 值进行排序(表 6),由此可得到中度水分胁迫下抗旱能力排在前 10 位的无性系为 N90、N1、N89、N9、N19、N11、N91、N93、N15、N22.;而在重度水分逆境下表现较好的前 10 个无性系为 N9、N15、N91、N19、N10、N87、N14、N1、N89、N31。

3 结论

水分胁迫对各无性系的各项生长及生理指标均产生显著差异,供试的欧洲黑杨中大多数无性系对干旱的适应能力及抗旱生产力要强于对照品种 107

杨和陕林 3 号, 这表明所引种的欧洲黑杨适于西北干旱地区。以净光合速率、单叶面积、苗高、生物量、渗透调节能力和细胞质膜透性 6 项指标建立抗旱性评价体系, 并采用加权排序法 (TOPSIS) 对无性系抗旱性进行评价, 综合抗旱性较强的无性系有 N9、N15、N19、N89、N91。

参考文献:

- [1] 杨敏生, 裴保华, 张树常. 树木抗旱性研究进展[J]. 河北林果研究, 1997, 12(3): 87-91.
- [2] 杨敏生, 裴保华, 朱之梯. 白杨双交杂种无性系抗旱性鉴定指

标分析[J]. 林业科学, 2002, 38(6): 36-42.

- [3] 高俊凤. 植物生理学实验技术[M]. 西安: 世界图书出版公司, 2000.
- [4] 叶雅阁, 刘涌康. 决策科学手册[M]. 天津: 天津科技翻译出版公司, 1989. 367-370.
- [5] 杨敏生, 裴保华, 朱之梯. 水分胁迫下白杨无性系生理和生长的数量遗传分析[J]. 北京林业大学学报, 1997, 19(2): 50-56.
- [6] Levitt J. Responses of plant to environmental stress [M]. New York: Academic Press, 1980.
- [7] Turner N C. Adaptation to water deficits: a changing perspective [J]. Aust. J. Plant physiol., 1983, 13: 175-190.

(上接第 45 页)

3 结论与讨论

黑斑病和叶枯病是杨树苗期发生普遍且比较严重的 2 种叶部病害, 不同的杨树品种受侵染的病原菌不同^[6]。基于本次调查结果, 认为欧洲黑杨无性系苗期易染黑斑病和叶枯病, 发病率高, 危害严重。其中无性系 N34、N13、N15、N119、N44、N127、N32、N18、N59 和 N52 对黑斑病高抗, N38、N30、N124、N8、N42、N15、N18、N2 对叶枯病高抗, 而且这些无性系的感病指数和发病率均小于对照品种 107 杨; 无性系 N15、N18、N44、N127 对以上 2 种病害均有较强的抗病能力, 其平均感病指数在 10 以下, 平均发病率不到 20%, 优于对照品种 107 号杨, 可以作为

选育抗病杨树品种的原始材料进行培育。

参考文献:

- [1] 徐纬英. 杨树[M]. 哈尔滨: 黑龙江人民出版社. 1988, 298-316.
- [2] Wang S J, Chen B H, Li H Q. Euphrates poplar forest [M]. Beijing: China Environmental Science Press, 1996. 170-175.
- [3] 朱湘渝, 张杰. 杨树遗传改良[M]. 北京: 北京农业大学出版社, 1991. 53-60, 130-133.
- [4] 杨俊秀, 李武汉, 符毓秦, 等. 美洲黑杨杂种无性系抗病性研究[J]. 陕西林业科技, 1989(2): 7-14.
- [5] 宋晓斌, 张学武, 马松涛. 陕西猕猴桃黄化病发生规律研究[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2003, 31(增刊): 5-8.
- [6] 郑世楷, 高瑞桐. 杨树丰产栽培与病虫害防治[M]. 北京: 金盾出版社, 2002. 109-130.

《农业网络信息》征稿、征订启事

感谢大家一年来对《计算机与农业》杂志的厚爱与支持。2004 年本刊经有关部门批准更名为《农业网络信息》。本刊将在保持原有好的内容基础上做进一步调整、版面扩大, 增加农业网络、电子商务、致富信息等方面的新栏目, 使《农业网络信息》杂志的内容在科学性、真实性、知识性和趣味性的基础上更加丰富、翔实。本刊服务宗旨不变, 面向从事计算机和信息技术应用研究的科技人员; 各省、市、县(乡镇)级农业及相关企事业单位、大专院校师生、农业技术推广人员、农业网站及涉农软硬件企业、电脑用户和电脑爱好者。我们希望大家踊跃投稿和订阅《农业网络信息》杂志。

征稿范围:

1. 有关计算机农业应用的研究论文、专题报告、综述、发明、专利、软件、数据库管理等;
2. 电脑应用、上网技巧、故障排除、防护技术等;
3. 网络建设及电子商务方面各地区开发、示范试点、市场运营、经验教训等;
4. 电脑新产品、先进企业、咨询服务、行业动态、最新报道;
5. 国外科技、译文综述、未来世界、现代农业、农产品供求及致富信息等。

订阅可到邮局或汇款到我编辑部, 免邮寄费。月刊, 大 16 开本, 定价: 8 元/册, 邮发代号 18-270

地址: 100081 北京市海淀区中关村南大街 12 号中国农业科学院科技文献信息中心《农业网络信息》编辑部(原《计算机与农业》编辑部), E-mail: nywlxx@caas.net.cn, 联系电话: 010-68919657 62191637