施用有机物料和氮肥对平邑甜茶实生苗生物学效应的灰色系统评价*

许 衡[1,2], 杨和生[2], 束怀瑞[1]
(1 山东农业大学 园艺科学与工程学院, 山东 泰安 271018; 2 嘉应学院 生物系, 广东 梅州 514015)

[摘 要] 以平邑甜茶(*Malus hupehensis* Rehd.)当年生实生苗为试材, 探讨了有机物料和氮肥对苹果生物学效应的影响, 并对相关指标进行了灰色关联和通径分析。结果表明, 6% 有机物料+ 100, 200 mg/kg 氮肥和 3% 有机物料+ 200 mg/kg 氮肥处理中植株生长及生理的综合指标较好, 说明有机物料和氮素化肥结合施用对植株生长发育有重要作用, 在生产上可以使用茎粗和生长量作为平邑甜茶实生苗品质的评判指标。

[关键词] 平邑甜茶; 氮; 有机物料; 生物学效应; 灰色关联
[中图分类号] S661.106+.2 [文献标识码] A [文章编号] 1671-9387(2005)08-0086-05

我国的苹果栽培面积与产量居世界首位, 但由于果品色泽差、不耐贮、风味淡、病害多, 在国际市场上缺乏竞争力, 这也与生产上大量施用氮肥有重要关系。我国 65% 果树种植在土壤瘠薄的丘陵薄地, 土壤有机质含量低(一般在 6~8 g/kg), 树势弱、产量极不稳定[1]。为了追求产量, 氮肥的施用量逐年增加。国外果园一般每年施纯氮 100~150 kg/hm^2[2], 而国内高产苹果园在 400 kg/hm^2 以上[3]。增施有机物料可以提高土壤有机质含量、改善土壤缓冲性能与稳定性, 正确施用氮素可以通过调节果树的新陈代谢、形态构建等过程促进果树良好发育。为此, 本研究以平邑甜茶(*Malus hupehensis* Rehd.)当年生实生苗为试材, 用灰色系统评价氮肥与有机物料及二者结合施用对果树苗木的生物学效应, 建立培养优质壮树、科学施肥的生物学诊断技术体系, 为指导生产及营养生物学的深入研究提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料与方法

试验于 2001~2003 年在山东农业大学园艺科学与工程学院根系实验室进行。供试材料为平邑甜茶当年生实生苗。试验用有机物料为腐熟好的玉米秸, 氮肥为分析纯$(NH_4)_2SO_4$, 以砂质褐土为基本介质。供试土壤有机质 3.8 g/kg, 速效氮 38.63 mg/kg, 速效磷 10.48 mg/kg, 速效钾 40.11 mg/kg。

$(NH_4)_2SO_4$ 折合成纯N, 设为 4 个水平, 分别是土壤干重的 0, 100, 200, 500 mg/kg, 有机物料施用量为土壤干重的 0%, 3%, 6%。采用完全区组设计, 共 12 个处理(表 1)。将平邑甜茶种子低温层积 55 d 后, 直播于温室中, 待长出 3~4 片真叶时, 选出生长一致的实生苗进行移栽。有机物料在实生苗移栽时一并施入, 在缓苗 2 周后将相应氮肥溶于 1 000 mL 水中一次施入, 另外每盆施 KH_2PO_4 2 g。每盆定植平邑甜茶实生苗 5 株, 正常田间管理, 施肥 5 个月后取样测定。

表 1 平邑甜茶有机物料和氮肥试验设计

Table 1 Organic materials and nitrogen experiment on *Malus hupehensis* Rehd.

处理 Treatments	有机物料/% Organic materials	氮肥/(mg·kg^{-1}) Nitrogen
CK	0	0
T_1	0	100
T_2	0	200
T_3	0	500
T_4	3	0
T_5	3	100
T_6	3	200
T_7	3	500
T_8	6	0
T_9	6	100
T_{10}	6	200
T_{11}	6	500

* [收稿日期] 2004-11-04
[作者简介] 许 衡(1975-), 女, 山东烟台人, 讲师, 博士, 主要从事植物育种和生理生化研究。
[通讯作者] 束怀瑞(1929-), 男, 山东淄博人, 教授, 博士生导师, 主要从事果树生物学研究。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

1.2　测定项目和方法

1.2.1　植株生物量的测定　植株的株高、茎粗用直接测量法, 叶面积用台式扫描仪(国产 NU Scan700)扫描, 并用图像分析软件(Deta-TSCAN, Delta-T Devices Lad, Camvridge, U. K.)进行计算, 各器官生物量用常规法测定。

1.2.2　叶绿素含量的测定　取 0.2 g 新鲜叶片, 用体积分数 95% 乙醇浸提, 24 h 后待叶绿素浸提完全后, 在 665, 649 和 470 nm 下比色, 根据公式求得叶绿素含量[4]。

1.2.3　根系呼吸速率的测定　取根时将盆倒扣, 用自来水小心冲洗, 以避免发生伤根现象, 洗净后仔细将吸收根、生长根、木质根分开。根系呼吸速率测定用美国产生物氧检测器(YSI53)和英国 HANSATECH 公司生产的 Oxy-Lab 氧电极自动测定系统测定。测量前将反应杯用蒸馏水冲洗 3 次, 并把搅拌子冲洗干净放入反应杯, 杯内准确加入 1.5 mL 蒸馏水。将根系用蒸馏水冲洗 2～3 次, 用吸水纸吸干, 迅速用百分之一电子天平准确称取 0.1 g 左右、用双面刀片切成 2 mm 长的根段, 放入反应杯, 加盖, 排气并启动测量程序。反应杯中液体温度用恒温浴控制在 25 ℃。待反应曲线稳定并达到一定长度后, 停止反应。在曲线上截取理想长度, 记取数据。

2　结果与分析

平邑甜茶实生苗各项生理指标见表 2, 表 3。

表 2　平邑甜茶实生苗生长生理指标(Ⅰ)

Table 2　Growing and physiological indexes of *Malus hupehensis* Rehd. seedlings(Ⅰ)

处理 Treatments	功能叶 Functional leaves				茎粗/cm Diameter of stalk	茎干重/g Dry weight of stalk	株高/cm Height	总叶干重/g Dry weight of total leaves
	干重/g Dry weight	面积/mm^2 Area	比叶重/($g \cdot cm^{-2}$) SLW	叶绿素含量/($mg \cdot g^{-1}$) Chlorophyll content				
CK	0.178	1 673	0.010 6	1.58	0.307	0.39	20.5	0.96
T_1	0.206	1 844	0.011 2	2.05	0.351	0.61	26.7	1.62
T_2	0.224	1 907	0.011 7	2.33	0.372	0.71	28.5	1.81
T_3	0.196	1 756	0.011 2	2.11	0.344	0.52	22.9	1.46
T_4	0.247	1 995	0.012 4	2.19	0.368	0.89	27.6	1.43
T_5	0.271	2 091	0.013	2.27	0.381	1.06	30.5	1.81
T_6	0.286	2 187	0.013 1	2.41	0.399	1.22	32.8	2.01
T_7	0.299	2 294	0.013	2.51	0.413	1.39	34.1	2.13
T_8	0.285	2 170	0.013 1	2.26	0.383	0.96	29.9	1.65
T_9	0.304	2 298	0.013 2	2.48	0.406	1.24	32.1	1.92
T_{10}	0.331	2 451	0.013 5	2.65	0.422	1.36	35.6	2.14
T_{11}	0.352	2 605	0.013 5	2.76	0.439	1.44	36.7	2.33

表 3　平邑甜茶实生苗生长生理指标(Ⅱ)

Table 3　Growing and physiological indexes of *Malus hupehensis* Rehd. seedlings(Ⅱ)

处理 Treatments	总根干重/g Dry weight of total roots	占总根干重百分比/% The percentage of the dry weight of total roots			呼吸速率/($\mu mol \cdot g^{-1} \cdot min^{-1}$) Respiratory intensity		
		木质根 Ligneous roots	生长根 Growing roots	吸收根 Absorbing roots	木质根 Ligneous roots	生长根 Growing roots	吸收根 Absorbing roots
CK	1.371	86.1	4.3	9.6	0.104	0.146	0.163
T_1	1.446	85.5	4.4	10.0	0.107	0.153	0.177
T_2	1.530	84.6	5.0	10.4	0.109	0.186	0.191
T_3	1.520	85.6	5.3	9.1	0.110	0.171	0.179
T_4	1.767	78.6	5.1	16.3	0.112	0.176	0.203
T_5	1.843	77.1	6.6	16.3	0.116	0.199	0.225
T_6	1.936	76.1	7.7	16.2	0.118	0.204	0.248
T_7	2.007	75.6	8.0	16.4	0.119	0.222	0.304
T_8	1.862	77.4	5.7	16.9	0.118	0.203	0.261
T_9	1.979	76.7	6.3	17.0	0.120	0.221	0.287
T_{10}	2.081	75.3	7.5	17.2	0.120	0.237	0.310
T_{11}	2.132	74.8	7.9	17.3	0.122	0.244	0.334

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

2.1 平邑甜茶实生苗各生长指标的灰色系统评价

用灰色系统评价方法对平邑甜茶当年生实生苗地上部指标(功能叶干重、面积、比叶重、叶绿素含量和株高、茎粗、茎干重)和地下部指标(总根干重,木质根、生长根、吸收根占总根干重的百分比以及相应的呼吸速率)进行综合评价并排序,结果见表 4。由表 4 可以看出,平邑甜茶实生苗地上部和地下部各器官之间存在较一致的相关性。均以 6% 有机物料+ 500 mg/kg 氮肥处理(T_{11})居关联序第一位,表明该处理植株的生理综合性状最好;其次是 6% 有机物料+ 200 mg/kg 氮肥(T_{10})、3% 有机物料+ 500 mg/kg 氮肥(T_7)处理;以单施氮肥各处理和 CK 最差。证明有机物料和氮肥的结合施用对植株生长发育有重要作用。

表 4 平邑甜茶实生苗地上部和地下部生长生理指标综合评价值

Table 4 Comprehensive evaluation of growing and physiological indexes of *Malus hupehensis* Rehd. seedlings

处理 Treatments	地上部 Above ground part				地下部 Roots			
	加权值 AC	关联序 RG	等权值 ARC	关联序 RG	加权值 AC	关联序 RG	等权值 ARC	关联序 RG
CK	0.453	12	0.432 3	12	0.426	12	0.446	12
T_1	0.527	10	0.510 0	10	0.444	11	0.465	11
T_2	0.574	9	0.554 6	9	0.480	9	0.497	9
T_3	0.512	11	0.487 6	11	0.458	10	0.480	10
T_4	0.581	8	0.563 6	8	0.582	8	0.592	8
T_5	0.637	6	0.629 5	6	0.627	7	0.636	7
T_6	0.689	5	0.689 3	4	0.655	6	0.668	6
T_7	0.731	3	0.740 8	3	0.735	3	0.732	3
T_8	0.622	7	0.607 0	7	0.669	5	0.670	5
T_9	0.693	4	0.687 5	5	0.730	4	0.726	4
T_{10}	0.763	2	0.765 4	2	0.803	2	0.788	2
T_{11}	0.836	1	0.853 3	1	0.868	1	0.844	

注:AC. 加权值;RG. 关联序;ARC. 等权值。

Note: AC is additional coefficient; RG is relational grade; ARC is average relational coefficient.

对平邑甜茶当年生实生苗的功能叶干重、面积、比叶重、茎干重、根冠比(即地上部与根系的干重比)、根干重以及 3 类根分别占总根干重的百分比和呼吸速率等 12 项指标进行综合评价,结果见表 5。在这些指标中,除根冠比和木质根占总根干重的百分比是负向作用指标(在引入灰色系统评价时将其转换为互补值)外,其余各项指标均为正向作用指标。根据各性状的关联度系数分别给各指标以相应的权重系数,对等权关联系数(X)和加权关联系数(Y)进行相关分析表明,$Y = 1.040\ 3X - 0.039\ 6$,$r = 0.994\ 7^{**}$,说明灰色关联是可信的。

如表 5 所示,若以 6% 有机物料+ 500 mg/kg 氮肥处理加权值的评价值作为 100 分,则 6% 有机物料+ 200 mg/kg 氮肥、3% 有机物料+ 500 mg/kg 氮肥、6% 有机物料+ 100 mg/kg 氮肥、3% 有机物料+ 200 mg/kg 氮肥处理分别为 91.6, 90.0, 82.3, 81.1 分。由此可以看出,当施用氮肥量超过 200 mg/kg 时,肥效降低。考虑到过高呼吸带来的营养消耗以及高量施氮的利用率低、污染环境等因素,6% 有机物料+ 100, 200 mg/kg 氮肥和 3% 有机物料+ 200 mg/kg 氮肥的施肥组合较为理想。

表 5 平邑甜茶实生苗生长生理指标综合评价值

Table 5 Comprehensive evaluation of the growing and physiological indexes of *Malus hupehensis* Rehd. seedlings

处理 Treatments	加权值 AC	关联序 RG	等权值 ARC	关联序 RG
CK	0.469 7(50.9)	12	0.481 9(52.1)	12
T_1	0.521 2(56.5)	10	0.548 7(59.3)	10
T_2	0.580 8(62.9)	9	0.612 9(66.2)	9
T_3	0.517 8(56.1)	11	0.537 0(58.0)	11
T_4	0.610 7(66.2)	8	0.622 9(67.3)	8
T_5	0.685 9(74.3)	6	0.704 2(76.1)	6
T_6	0.748 6(81.1)	5	0.770 9(83.3)	4
T_7	0.830 1(90.0)	3	0.840 8(90.9)	3
T_8	0.680 9(73.8)	7	0.686 0(74.1)	7
T_9	0.759 6(82.3)	4	0.766 3(82.8)	5
T_{10}	0.845 0(91.6)	2	0.845 3(91.3)	2
T_{11}	0.922 8(100.0)	1	0.925 4(100.0)	1

注:括号内数值表示各处理与 T_{11} 的百分比。

Note: The data in bracket indicates percentage of /T_{11}.

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

2.2　平邑甜茶壮苗指数的通径分析

利用所作出的灰色评价对生产中常用的壮苗指数, 如生长量(本文中指植株重量并取其函数)、功能叶面积及叶绿素含量、株高和茎粗进行通径分析, 其中茎粗和生长量函数与灰色综合评价的相关系数高(表 6), 直接通径系数大(表 7), 且为正效应值, 可以作为平邑甜茶当年生实生苗品质的评判指标。

表 6　平邑甜茶壮苗指数与灰色评价的相关性

Table 6　Correlation between the index for vigorous seedlings and gray evaluation

性状 Character	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	Y
X_1	1.000 0					
X_2	0.936 8**	1.000 0				
X_3	0.968 7**	0.913 6**	1.000 0			
X_4	0.983 6**	0.961 6**	0.945 9**	1.000 0		
X_5	0.988 4**	0.970 2**	0.978 5**	0.985 3**	1.000 0	
Y	0.947 9**	0.985 6**	0.911 4**	0.963 1**	0.969 7**	1.000 0

注: 1. * 显著相关, * * 极显著相关; 2 X_1. 生长量函数, X_2. 功能叶面积, X_3. 功能叶叶绿素含量, X_4. 株高, X_5. 茎粗, Y. 灰色评价。下表同。

Note: 1. * Significant at 0.05 level, * * Significant at 0.01 level; 2 X_1. LnG, X_2. Area of functional leaves, X_3. Chlorophyll content of functional leaves, X_4. Height, X_5. Diameter of stalk, Y. Gray evaluation.

表 7　平邑甜茶壮苗指标与灰色评价的通径系数

Table 7　Path coefficient between the index for vigorous seedlings and gray evaluation

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
X_1-(X_1-X_5)	0.761 4	0.468 7	-0.552 2	-0.240 4	1.110 4
X_2-(X_1-X_5)	0.151 2	0.500 3	-0.520 9	-0.235 0	1.089 9
X_3-(X_1-X_5)	0.156 4	0.457 1	-0.570 1	-0.231 2	1.099 3
X_4-(X_1-X_5)	0.158 8	0.481 1	-0.539 3	-0.244 4	-1.106 9
X_5-(X_1-X_5)	0.159 6	0.485 4	-0.557 9	-0.240 8	1.123 4

3　讨　论

壮树的培养是果树优质丰产的保证, 有关壮树的一些生理生化指标, 前人已作了大量的研究。束怀瑞[5]关于植株类型对碳素同化物分配的研究表明, 与弱树相比, 壮树的碳素同化物在年周期内根部的供应有稳定增加的趋势, 在花芽分化期向当年生枝分配的碳素同化物是弱树的 3 倍。果树贮藏碳素营养水平的高低取决于果树的生长发育水平, 壮树分配到根系的碳素同化物分别是弱树和多果树的1.67 和 4.2 倍。对生长指标的调查可知, 壮树延长枝的芽内叶原数可达 11～13 片, 叶面积较大, 比叶重高, 春梢芽外叶各节大小比较整齐[5]。顾曼如等[6]研究发现, 壮树的氮素贮藏水平高, 各部位数量差异小。侯立群[7]研究了果树优质发育的评价指标, 认为壮树生长的指标是: 生长节律为春秋 2 次, 新梢长度为 30～60 cm, 新生根为每 kg 土 0.72～0.80 g, 根冠比为 0.65～0.85, 枝组根为每 kg 土 0.8～1 条。相应的生理指标是: 叶片的 N、P、K 含量分别为 21～22, 2.2 和 15～20 g/kg, 三者比例为 1∶0.1∶0.5～0.8, 可溶性糖、可溶性蛋白、游离氨基酸和叶绿素含量分别为 32.0～34.0, 6.0, 0.5 和 2.6～2.8 mg/g, 光合速率> 10 μmol/(m^2 · s); 根的 N 含量为 10.3～13.7 g/kg, 活跃表面积为 48.5%～50.0%。

合理施肥是培养优质果树苗木的一项重要管理措施, 其中有机物料和氮肥的合理施用十分关键。毛志泉等[8,9]研究发现, 施用有机物料可影响果树的光合特性以及根系结构和呼吸强度。本研究结果表明, 有机物料与氮肥结合施用的处理中, 植株生长及生理综合指标明显优于单纯施用氮肥或有机物料的各处理和 CK。

生产上所需要的壮树应该是皮层发达、功能叶质量高、细根特别是吸收根数量较多且功能强, 地上部和地下部物质分配均衡, 生长前期不旺长, 后期不早衰, 营养贮藏水平高。通过对树体各指标的调查, 6% 有机物料+ 100, 200 mg/kg 氮肥和 3% 有机物料+ 200 mg/kg 氮肥处理的植株符合这一指标, 从而证实了在本试验所设的各处理中, 高量有机物料+ 中、低量氮肥和中量有机物料+ 中量氮肥的施肥组合是科学可行的。但本试验仅进行了平邑甜茶

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

当年生实生苗的盆栽试验, 对果园中大树的施肥方　　案还需进一步探讨。

[参考文献]

[1] 侯立群, 张文越, 王庆仁, 等. 山区果林生产综合技术开发研究[J]. 中国水土保持, 1990, (3): 35- 37.

[2] Sanchez E E, Righetti T L, Sugar D, et al. Nitrogen variability among "comeice" pear fruits from trees having high and low nitrogen status[J]. Journal Horticulture Science, 1991, 66: 43- 50.

[3] 彭福田. 氮素对苹果果实发育与产量、品质的调控[D]. 山东泰安: 山东农业大学, 2001.

[4] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000. 134- 137.

[5] 束怀瑞. 果树栽培生理学[M]. 北京: 农业出版社, 1993.

[6] 顾曼如, 张若梓, 束怀瑞, 等. 苹果氮素研究初报[J]. 园艺学报, 1981, 8(4): 21- 28.

[7] 侯立群. 果树根系营养空间特性研究[D]. 山东泰安: 山东农业大学, 1999.

[8] 毛志泉, 束怀瑞, 张继祥, 等. 有机物料对平邑甜茶实生苗光合特性的影响[J]. 山东农业大学学报(自然科学版), 2002, 33(2): 230- 233.

[9] 毛志泉, 王丽琴, 沈　向, 等. 有机物料对平邑甜茶实生苗根系呼吸强度的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2004, 10(2): 171- 175.

Gray System Appraisal of Biological Effects of the Application of N and Organic Materials on *Malus hupehensis* Rehd.

XU Heng[1,2], YANG He-sheng[2], SHU Huai-rui[1]

(1 *College of Horticulture, Shandong Agricultural University, Taian, Shandong* 271018, *China*;
2 *Department of Biology, Jiaying University, Meizhou, Guangdong* 514015, *China*)

Abstract: Biological effects of the application of nitrogen and organic materials were analyzed with *Malus hupehensis* Rehd. seedlings as materials. Related indexes were evaluated through gray coefficient analysis and path analysis. The results showed that the treatment with 6% organic fertilizer+ 100, 200 mg/kg N fertilizer and 3% organic fertilizer+ 200 mg/kg N fertilizer were better, and proved the importance of combination of organic materials with N. The diameter of stalk and growth can be used as quality evaluation index of *Malus hapehensis* Rehd. seedlings.

Key words: *Malus hupehensis* Rehd.; nitrogen; organic materials; biological effect; gray coefficient analysis

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net