

文章编号: 100F 1498(2004) 0F 0083 06

生长调节剂、稀土对锥栗产量影响的机理研究*

陈辉¹, 何方²

(1. 福建农林大学林学院, 福建 福州 350002; 2. 中南林学院经济林研究所, 湖南 株洲 412006)

摘要: 分析了分别喷施生长调节剂、稀土、二者混合喷施及喷清水 4 种处理对锥栗高、中、低产三种类型 8 年生林分产量的影响。结果表明: 不同处理对同种林分增产效果表现为, 喷施 $400 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 的稀土最好, 其次是 $5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 的 TDS, 混合喷施 ($400 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 稀土 + $5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ TDS) 不如各自单独施用, 清水对照处理的产量最低。同一处理类型对不同产量类型林分的增产效果随着高、中、低产量类型的顺序而增加。产量增加的生理基础是提高了树体叶绿素含量, 增强了光合速率。

关键词: 锥栗; 生长调节剂; 稀土

中图分类号: S792.17 文献标识码 A

近年来, 中国林科院亚林所研制开发了名为 TDS 的生长调节剂, 据有关文献报道^[1,2], 它对板栗 (*Castanea mollissima* Blume) 的增产具有较明显的效果, 其作用表现在抑制雄花序生长, 供给雌花发育所需要的营养物质, 提高座果率。主要成份是: 植物雄性抑制剂、雌性激素、一些微量元素。考虑到锥栗 (*Castanea henryi* Rehd. et Wils) 开花结果的许多特点与板栗有相似之处, 因此, 选择 TDS 作为试验内容, 同时选择了稀土, 在配方施肥基础上综合探讨它们对产量的影响。

1 材料与方法

选择高、中、低产三种类型的 8 年生林分, 各类型土壤养分测定值见表 1。每类林分选择生长结实较一致的锥栗树, 供试树为农家品种黄榛。设 3 个区组, 每区组共 4 个小区, 每小区 4 株, 对每个小区均施以相同的配方复合肥 (成份为尿素: 过磷酸钙: 氯化钾 = 0.6: 0.3: 0.1, 其中尿素含 N $460 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 过磷酸钙含 P_2O_5 $200 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 氯化钾含 KO $600 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$)。于 1997、1998 年 4 月底进行第 1 次施肥, 6 月第 2 次施肥, 高产类型每次各施 $1.0 \text{ kg} \cdot \text{株}^{-1}$; 中产类型第 1 次施 $1.0 \text{ kg} \cdot \text{株}^{-1}$, 第 2 次施 $0.75 \text{ kg} \cdot \text{株}^{-1}$; 低产类型第 1 次施 $1.0 \text{ kg} \cdot \text{株}^{-1}$, 第 2 次施 $0.5 \text{ kg} \cdot \text{株}^{-1}$ 。在配方施肥的基础上, 对每小区内分别喷施: 稀土 (由福建省龙岩市稀土科学研究所研制生产) $400 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 代号 A; TDS $5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 代号 B; 稀土 $400 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ + TDS $5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 代号 C; 喷清水对照, 代号 D。于 1997 年 5 月盛花期喷施 1 次, 喷施前每株选择一个主枝调查记载雄花序及雌花数, 喷施后逐株定枝调查测定雌雄花及座果情况, 果实成熟时逐株测定产量作统计分析。各生

收稿日期: 2004-03-10

基金项目: 福建省教委自然科学基金重点项目资助(K97042)

作者简介: 陈辉(1957—), 男, 福建福州人, 教授, 博士。

理指标测定方法: 叶绿素用 ARON 法; 蛋白质用考马斯亮蓝染色法; 硝酸还原酶^[3]、过氧化物酶用愈创木酚氧化法。各项光合特性指标的测定: 采用 GXH-305 红外线分析仪分析测定, 在光合测定室内, 把离体枝条插入水中, 预照光 30 min, 以消除光滞后现象, 用开放式气路系统测定净光合速率, 用黑布遮光测定暗呼吸速率, 用碱石灰吸收 CO₂, 在光强为 10 000 lx 下测定光呼吸速率, 用首尾相连的闭合气路即不通入空气, 待气路中 CO₂ 浓度下降到恒定时即为 CO₂ 补偿点。

表 1 各产量水平锥栗林分土壤各主要养分含量

类型	土层深度/ cm	全 N/ g·kg ⁻¹	有机质/ g·kg ⁻¹	水解 N/ mg·kg ⁻¹	有效 P/ mg·kg ⁻¹	有效 K/ mg·kg ⁻¹	有效 Ca/ mg·kg ⁻¹	有效 Mg/ mg·kg ⁻¹	pH 值	容重/ g·cm ⁻³
高产	0~ 20	1.68	49.95	122.00	5.50	81	18.00	2.73	4.6	0.98
	20~ 40	0.71	20.23	32.75	3.85	50	13.00	1.59	4.6	1.21
	40~ 60	0.68	11.30	53.74	1.70	31	18.00	1.23	4.8	1.43
	平均	1.02	27.16	69.49	3.68	54	16.33	1.85		
中产	0~ 20	1.36	31.30	39.72	5.20	67	27.00	3.59	4.3	0.97
	20~ 40	0.65	18.23	32.75	2.95	40	15.00	1.10	3.8	1.41
	40~ 60	0.37	25.20	23.34	1.95	28	9.00	0.42	3.9	1.42
	平均	0.79	24.91	31.94	3.37	45	17.00	1.70		
低产	0~ 20	1.04	29.10	39.50	2.85	58.00	39	2.30	4.2	1.01
	20~ 40	0.69	13.50	29.14	2.45	44.00	17	0.85	3.9	1.33
	40~ 60	0.57	4.80	27.80	1.96	38.00	28	0.62	4.8	1.38
	平均	0.77	15.80	32.15	2.42	46.67	28	1.26		

2 结果与分析

2.1 不同处理对座果率和果径生长的影响

在喷施处理前每种产量类型, 每种处理选择一主枝, 调查主枝上的总雌花数, 喷施后于 6 月上旬调查雌花的保存数及座果情况, 并于 6 月底对每一处理调查了 50 粒果实直径, 以了解喷施处理的不同对果实直径生长的效果。从表 2 中可见, 座果率以喷施 B 的效果为最好, 其不同的产量类型, 座果率分别达到 88%、91%、88%; 其次是喷施 A, C 处理的座果率表现总体上不好, 是否因 A 与 B 互作影响尚不清楚; 几种处理的座果率以 D 处理(喷清水对照)最差。果苞平均直径(横径)的增长以 A 处理为最好。在不同产量类型中分别达 1.34、1.16、1.13 cm, 其次为 C 处理, B 处理在各产量类型中均表现最差。从座果率和平均果径生长的测定结果分析可知, 座果率与平均果径生长存在某种相关性, 处理 A 的座果率表现并不是最好, 但其平均果径的增长最大; 而处理 B 的座果率表现最好, 但平均果径增长却最低, 这意味着当座果率较高时, 其果实的生长量相对较慢, 这是因为单位枝条上着生的果实较多时, 造成了营养供应上的相对不足, 而影响到果实的直径生长。几种不同的处理中, A 处理对促进果径生长的效果最好, 同时也比对照的座果率高; B 处理对座果率的增加效果最好, 但果径的增长却较慢, A、B 共同喷施对座果率而言不及两者单独喷施的效果, 其果径的增长量介于两者之间, 可以认为两者混合施用存在某种交互作用, 但这种作用表现微弱, 呈负效应(减效作用), 总体上表现更接近单独施用 A 的作用效果。

表 2 不同处理对各产量类型树体座果率、果径生长的影响

处理 代号	高产类型				中产类型				低产类型			
	处理前	处理后	座果	平均果	处理前	处理后	座果	平均果	处理前	处理后	座果	平均果
	雌花数	雌花数	率/ %	径/ cm	雌花数	雌花数	率/ %	径/ cm	雌花数	雌花数	率/ %	径/ cm
A	47	37	79	1.34	35	27	76	1.16	26	20	77	1.13
B	17	15	88	1.22	33	30	91	1.09	24	21	88	0.96
C	28	21	75	1.30	25	18	72	1.13	30	26	87	1.10
D	35	24	69	1.24	31	21	68	1.07	38	27	71	1.02

2.2 不同处理对生长影响的生理效应研究

为了探讨不同喷施处理对生长反应的生理效应指标,在喷施后,坚果速生期的6月中旬、7月上旬、7月下旬定株采集施以处理的样株带叶枝条进行有关光合性能的测定(仅测定了高产类型第I区组),并于7月下旬采集叶样进行生理指标的测定,仅测定了高、中产类型的第I区组。各测定方法同前述。从表3中可见,叶绿素含量在不同产量类型中,均以A处理>B处理>C处理>对照,表明处理能增加叶绿素的含量,导致光合能力的增强,有机物积累较多,供给树体生长和果实发育的需要。在不同产量类型之间,各处理对叶绿素含量增加的影响略有差异。蛋白质含量增加与叶绿素有相似之处,但不同产量类型的相同处理的蛋白质含量差异较大,这可能是树体生长的养分水平及代谢有所差异造成的,各种处理仍表现大致的影响效果。

表 3 不同处理的锥栗生理指标

测定项目	高产类型				中产类型			
	A 处理	B 处理	C 处理	对照	A 处理	B 处理	C 处理	对照
叶绿素 a/(mg·g ⁻¹)	0.983 1	0.951 4	0.950 7	0.830 3	1.086 4	1.024 5	1.005 2	0.988 0
叶绿素 b/(mg·g ⁻¹)	0.725 2	0.709 2	0.685 8	0.482 8	0.768 7	0.760 6	0.712 2	0.652 0
叶绿素 a+b/(mg·g ⁻¹)	1.708 3	1.660 6	1.636 5	1.313 1	1.855 1	1.785 1	1.717 4	1.640 0
蛋白质/(μg·g ⁻¹)	350	322	300	264	382	352	274	240
硝酸还原酶/(μg NO ₂ ⁻ ·h ⁻¹ ·g ⁻¹)	3.216 3	2.838	2.442	2.072	3.599	3.676	2.954	2.530
过氧化物酶/(ΔOD ₄₇₀ ·min ⁻¹ ·g ⁻¹)	2.80	2.60	2.60	2.00	2.60	1.96	1.92	1.58

硝酸还原酶是植物N素代谢的重要影响因子^[3-9],不同处理产生的作用均比对照强,说明这些处理能够促进硝酸还原酶的形成,加强树体的N素代谢和吸收能力,促进产量的增加,几种不同处理之间及它们在各自己的产量类型中,互相之间相比,硝酸还原酶含量的差异不明显。过氧化物酶(POD)是果实中酚类代谢的关键性酶^[10,11],从测定的结果可知,不同的处理对过氧化物酶的活性确有影响,总的情况是施以不同处理者均比对照要高,而不同处理之间的影响表现不明显。由表4可见,在不同的采样时间,不同处理叶片的净光合速率均比对照大,不同处理之间的净光合速率表现为处理A>处理B>处理C>对照。净光合速率是衡量光合能力的重要指标,各处理均在不同程度上提高了净光合速率。从不同时间的测定结果看,净光合速率以6月15日测定值为最高,后随着时间的延迟,净光合速率呈下降趋势,各处理及对照均规律相似,这可能与锥栗树种的生长节律在年周期中的反应有关。光呼吸与光合作用关系密切,从测定结果(表4)可知,不同测定时间各个处理的光呼吸速率变化与光合速率相似,净光合速率较大的处理,其光呼吸速率也较高,对照处理的光呼吸速率最低,这说明在光合速率较大时,相应的光呼吸速率较大,施用的处理对光呼吸速率非但不能降低,还较对照为高,这是树

种生理代谢在不同水平时的一种反映。

表4 高产类型不同处理锥栗的光合指标测定结果

光合指标	处理	测定时间(月-日)		
		06 15	06 30	07 21
净光合速率/ ($\text{CO}_2 \text{ mg} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{dm}^{-2}$)	A	5.420 8	4.962 0	4.125 3
	B	5.156 0	4.821 0	3.765 1
	C	5.012 4	4.723 2	3.601 2
	对照(CK)	4.122 0	3.655 0	3.120 6
光呼吸速率/ ($\text{CO}_2 \text{ mg} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{dm}^{-2}$)	A	2.587 2	2.254 0	2.210 6
	B	2.463 0	2.185 0	2.057 2
	C	2.286 2	2.104 1	2.125 8
	对照(CK)	1.965 4	1.633 0	1.801 3
CO_2 补偿点/ ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	A	130	150	190
	B	130	150	190
	C	140	160	190
	对照(CK)	180	210	200
暗呼吸速率/ ($\text{CO}_2 \text{ mg} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{dm}^{-2}$)	A	1.653 0	1.632 4	1.406 5
	B	1.662 8	1.581 7	1.387 6
	C	1.561 5	1.492 4	1.252 8
	对照(CK)	1.501 7	1.445 1	1.235 7

CO_2 作为同化反应的基本原料,对光合速率的影响很大,当外界环境中的 CO_2 浓度处于低水平时,光合作用急剧下降。 CO_2 的补偿点是评价一种植物利用 CO_2 能力的标准。从该指标不同时期测定的结果分析,施用各种处理后, CO_2 补偿点均比对照处理要低,随着生长时间的后延, CO_2 补偿点略有增高,各处理均表现出类似现象,生长一定时间后,各处理间的 CO_2 补偿点又逐渐趋同,这可能是由于随着生长时间的延长,处理的效应逐渐减弱。

暗呼吸速率是植物体内必需进行的耗能过程,为正常代谢所不可缺少,与净光合速率的变化相似,不同的处理与对照相比,其呼吸速率有一定增大。A 处理在各测定时间均表现出较高的暗呼吸速率,其次为 B、C、对照,这说明了施用处理后对生长和产量的促进作用,主要是提高净光合速率,增加有机物的积累,而不是降低暗呼吸(或光呼吸)速率,从光合生理的基础考虑,净光合速率的增大为树体的生长和产量的提高提供了物质基础。

2.3 不同处理对锥栗产量的影响

方差分析的结果(表5)表明:区组之间的锥栗产量差异不显著,即局部控制的较好,这样对试验的准确性有良好效果。类型之间的差异呈极显著,从表5中可知,对这项差异即使不作方差分析也可知道,因为3种产量类型的差异是十分明显的,处理项造成的差异是研究的重点,检验结果

表5 不同处理对产量效应的方差分析

变异来源	自由度	平方和	均方	F	$F_{0.05}$
区组	2	0.036 8	0.109 3	0.882 8	5.45
类型	2	166.799 9	83.399 9	3.815 142**	5.45
处理	3	1.861 07	0.620 4	28.380 7**	5.57
误差	28	0.612 0	0.021 86		
总和	35				

结果表明,各处理之间对产量造成了极显著的差异。为了进一步评价各处理的优劣,进行了多重比较。检验结果见表6。

表 6 各处理锥栗单株的平均产量

kg·株⁻¹

产量类型	处理	区 组				平均值	差异显著性 0.05
		I	II	III	Σ		
高产	A	6 961 3	6 743 5	6 213 6	19 918 4	6 639 5	—
	B	6 739 1	6 463 8	6 020 0	19 222 9	6 441 0	—
	C	6 486 2	6 232 6	5 904 4	18 623 2	6 207 7	—
	D	6 276 6	6 117 3	5 712 5	18 106 4	6 035 5	—
	Σ	26 463 2	25 557 2	23 850 5	75 870 9		
中产	A	2 719 1	2 656 0	2 786 0	8 161 1	2 720 4	a
	B	2 490 0	2 415 0	2 554 3	7 463 3	2 487 8	b
	C	2 382 0	2 322 0	2 435 6	7 139 6	2 379 9	b
	D	2 247 2	2 172 2	2 303 3	6 722 7	2 240 9	c
	Σ	9 840 3	9 565 2	10 079 2	29 484 7		
低产	A	1 179 0	1 511 0	1 661 6	4 351 6	1 450 5	a
	B	1 125 4	1 420 8	1 554 0	4 100 2	1 366 7	b
	C	1 004 2	1 296 7	1 413 6	3 714 5	1 238 2	c
	D	0 873 4	1 127 6	1 249 3	3 250 3	1 083 4	d
	Σ	4 182 0	5 356 1	5 878 5	15 416 6		

结果表明: 中产类型林分中, 处理 A 对产量增加的影响极显著优于其他处理, 处理 B、C 对产量的增加也有极显著的作用, 各处理中, 以 A 处理为最好, 其次是 B 处理, 而对照的产量最低。这说明了不同处理在该类型产量林分中对产量的效应与高产类型有明显不同, 在这种产量林分条件下, 各处理对产量的反应比高产类型林分更强烈。低产类型林分中, 处理 A 对产量的增加效应极显著、或显著地优于其他处理, 处理 B 的增产效果极显著地优于处理 C 和对照, 处理 C 也极显著地优于 D, 即不同的处理均极显著地优于对照处理, 但程度有所不同。

综合以上对各类型的分析可知, 处理 A 对产量的促进效果最好, 其次是 B 处理, C 处理实质上为 A、B 因素的搭配, 但效果均不如它们各自喷施的效果好, 可能是搭配后造成某些物质的拮抗或过剩有关。D 处理的产量最低, 这说明喷施对不同的产量类型林分均有显著或极显著的增产效果, 但是进一步分析可以看出, 这些处理在不同的产量类型中, 其效果是有差别的。这种差别主要体现在各处理在不同的产量类型中, 其增产的数量和幅度上的差别。在高产类型中各处理的产量增量和幅度为: A 处理: $0.604 \text{ kg} \cdot \text{株}^{-1}$ 、10%; B 处理: $0.405 5 \text{ kg} \cdot \text{株}^{-1}$ 、6.72%; C 处理: $0.172 2 \text{ kg} \cdot \text{株}^{-1}$ 、2.85%。在中产类型中相应值为: A 处理: $0.479 5 \text{ kg} \cdot \text{株}^{-1}$ 、21.4%; B 处理: $0.246 9 \text{ kg} \cdot \text{株}^{-1}$ 、11.0%; C 处理: $0.139 \text{ kg} \cdot \text{株}^{-1}$ 、6.20%。在低产类型中相应值为: A 处理: $0.367 1 \text{ kg} \cdot \text{株}^{-1}$ 、33.88%; B 处理: $0.283 3 \text{ kg} \cdot \text{株}^{-1}$ 、26.1%; C 处理: $0.154 8 \text{ kg} \cdot \text{株}^{-1}$ 、14.29%。基本的趋势是, 同一处理的效应随着高、中、低产量类型的顺序而增加, 这主要表现在对各自产量的增幅上, 说明林分产量越低则施用处理的产量增幅越大, 但如果从产量的净增量来看, 顺序正好相反, 即林分的产量水平越高, 施用处理的产量增量也越大。这种变化趋势符合树木生长的自然规律, 即产量的增加量不可能是无限制的, 其增加的基础在于树体生长的状况, 各处理对产量增加效应正是建立在这一基础上, 因此, 合理调节树体生长和营养水平, 是决定这些处理对产量促进反应程度的前提。

3 小结

生长调节剂 TDS 和稀土对产量的促进效果均很显著, 以前者施用的效果更为理想。根据有关资料介绍, 前者主要成份中含有雄花抑制剂、雌激素及一些微量元素, 但从试验的费用上说, 前者要高得多, 因此, 在实际应用上, 要测算其技术经济效益指标。两者的混合施用效果不理想, 这可能存在某种拮抗作用, 由于对 TDS 配方内容缺乏了解, 因此难以进行更详细的原因分析。

生长调节剂和稀土等对锥栗产量促进作用的生理基础主要是提高了树体叶绿素含量, 增加光合速率, 在施用后, 树体内的几个重要生理指标均产生了一定的变化, 这些变化是树体代谢过程在一定条件下的反应, 从而表现在树体生长旺盛, 促进产量的提高; 但对于生理指标与产量间的关系, 尚需进一步研究。

参考文献:

- [1] 苏梦云, 胡小明, 吴祖洪, 等. TDS 调节剂对板栗叶片光合强度及其产物输出的影响[J]. 林业科学研究, 1995, 8(2): 219 ~ 222
- [2] 苏梦云, 顾炳贤, 周国璋, 等. 应用 TDS 调节素促进板栗增产试验初报[J]. 林业科技通讯, 1992(2): 24 ~ 26
- [3] 华东师范大学生物系植物生理教研组. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 人民教育出版社, 1980. 73 ~ 75
- [4] 周国璋, 苏梦云. 国外树木硝酸还原酶研究概况[J]. 世界林业研究, 1990(2): 87 ~ 88
- [5] 凌俊, 许农. 杨树叶片硝酸还原酶活力的体外测定[J]. 林业科学, 1990, 26(3): 277 ~ 280
- [6] 吕成群, 何若天. 竹子硝酸还原酶活力的研究[J]. 广西农学院学报, 1990, 9(4): 66 ~ 72
- [7] 阚文靖. 油茶硝酸还原酶活力的初步研究[J]. 经济林研究, 1986(2): 63 ~ 65, 71
- [8] 骆琴娅. 乌柏硝酸还原酶的初步研究[J]. 经济林研究, 1990(1): 50 ~ 53
- [9] 涂炳才, 余席伟. 杉木硝酸还原酶体内测定法的条件选择及稳定性研究[J]. 植物生理学通讯, 1992, 28(5): 373 ~ 375
- [10] 周国璋, 苏梦云. 杉木硝酸还原酶活力、氮素贮藏与其生长的关系[J]. 林业科学研究, 1993, 6(2): 141 ~ 147
- [11] 王同坤. 板栗叶片过氧化物酶活性与树体生长发育的关系[J]. 华北农学报, 1993, 8(1): 52 ~ 55
- [12] 张华云, 王善广, 牟其芸, 等. 套袋对莱阳在梨果皮结构和 PPO、POD 活性的影响[J]. 园艺学报, 1996, 23(1): 23 ~ 26

The Effect of Plant Growth Substances and Rare-earth Elements on the Yield of *Castanea henryi*

CHEN Hui¹, HE Fang²

(1. Forestry College, Fujian Agricultural and Forestry University, Fuzhou 350002, Fujian, China;

2. Economic Forestry Research Agency, South Central Forestry University,

Zhuzhou 412006, Hunan, China)

Abstract: The effects of plant growth substances, rare earth, the mixture of plant growth substances and rare earth, and water on the yields of 8 year-old *Castanea henryi* plantations with high, middle and low yields were analyzed. The results indicated that the yield of *Castanea henryi* plantation treated with $400 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ rare earth elements increased the most, followed by $5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ TDS and the mixture ($400 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ rare earth elements + $5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ TDS). The effect of water was the poorest. The effect of treatment was positively correlated with the type of plantation. The higher the yield of plantation, the more the yield increased. The physiological basis of yield increase was the increases of the content of chlorophyll and the photosynthetic rate by these treatments.

Key words: *Castanea henryi*; plant growth substances; rare earth elements