

## 不同激素种类和对比对秤锤树愈伤组织诱导的影响研究

曹昆<sup>1,2</sup>, 李霞<sup>2\*</sup>

(1. 南京农业大学生命科学院, 江苏南京 210095; 2. 江苏省农业科学院粮食作物研究所, 江苏省优质水稻工程技术研究中心, 江苏南京 210014)

**摘要** [目的] 为秤锤树的组培快繁提供依据。[方法] 以 WPM 培养基为基本培养基, 秤锤树叶片为外植体, 比较了不同激素及其组合对秤锤树愈伤组织诱导的影响。[结果] 不同浓度 2,4-D 诱导出的愈伤组织呈褐色透明的水渍状, 放置约 40 d 后逐渐褐化并坏死; 2.0 mg/L 2,4-D 和不同浓度 KT 的激素组合诱导出的愈伤组织呈乳白色的致密颗粒状或团块状。单独使用 6-BA 未诱导愈伤组织, 6-BA 和 NAA 的激素组合诱导出了愈伤组织。当 6-BA 添加量为 1.0 mg/L 时, 出愈率随着 NAA 添加量的增加而提高。单独使用 TDZ 未诱导愈伤组织, TDZ 和 NAA 的不同浓度组合的出愈率分别为 46.5%、37.1%、25.4%、24.5% 和 11.7%, 诱导出的愈伤组织呈绿色、颗粒状、小而致密。[结论] 只有激素组合 2,4-D 2.0 mg/L + KT 0.25~2.00 mg/L 才能诱导致密、颗粒状、生长快的愈伤组织。

**关键词** 秤锤树; 愈伤组织; 诱导中图分类号 S722.3<sup>+</sup>7 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2009)32-15694-03**Research on the Effects of Different Hormones and Their Combinations on the Callus Induction of *Sinojackia xylocarpa*****CAO Kun et al** (College of Life Science, Nanjing Agricultural University, Nanjing, Jiangsu 210095)

**Abstract** [Objective] The study aimed to provide basis for the tissue culture and rapid propagation for *Sinojackia xylocarpa*. [Method] With WPM medium as basic culture medium, and *S. xylocarpa* leaves as explant, the effects of different hormones and their combinations on induction for *S. xylocarpa* callus were compared. [Result] The callus induced out by 2,4-D with different concn. presented brown transparent watery stain, and was browning gradually and necrotic after placed about 40 d. The callus induced by hormone combination of 2,4-D of 2.0 mg/L and KT with different concn. showed milk-white compact grainy or block mass state. The callus was not induced by using 6-BA alone, and the callus was induced by hormone combination of 6-BA and NAA. When the addition amount of 6-BA was 1.00 mg/L, the callus rate was enhanced along with the increment of addition amount of NAA. The callus rates of combination of TDZ and NAA with different concn. were 46.5%, 37.1%, 25.4%, 24.5% and 11.7% resp., the induced callus presented green and grainy state, small and compact. [Conclusion] The dense and grainy callus with quick growth could be induced only by the hormone combination of 2,4-D 2.0 mg/L + KT 0.25~2.00 mg/L.

**Key words** *Sinojackia xylocarpa*; Callus; Induction

秤锤树 (*Sinojackia xylocarpa* Hu) 是安息香科秤锤树属落叶灌木或小乔木, 是国家二级保护的珍稀植物<sup>[1]</sup>。其花序稠密, 花白如雪, 灿烂美丽; 其果卵圆形, 顶端具喙, 形似秤锤, 果序下垂, 随风摆动, 颇具特色, 而且种子含油量高, 使得秤锤树成为一种很有潜力的观花观果和能源植物的新优树种<sup>[2]</sup>, 有着远大的应用前景。但秤锤树的种子有深休眠的特点, 种子当年种下去, 不会萌发, 要 3 年以后才会萌发<sup>[3]</sup>, 这限制了秤锤树的种植面积的推广。组织培养技术为秤锤树的快速繁殖开辟了一条有效途径。该技术不仅可以建立起秤锤树愈伤诱导体系, 还可为今后的植株再生打好基础, 在种质资源保存、提供种苗等方面均有重要意义和研究价值。笔者以南京产秤锤树叶片为外植体, 研究不同激素对比对其愈伤组织诱导的影响。以期为秤锤树的组培快繁提供依据。

**1 材料与方**

**1.1 试验材料** 供试材料为南京农业大学校园内种植的秤锤树, 在 4 月初~5 月中旬, 取秤锤树幼嫩的叶片倒 2 叶作为外植体。

**1.2 试验方法** 将幼嫩的叶片剪下, 用洗洁剂清洗干净, 流水冲洗约 30 min, 分装在 2 个无菌培养皿中, 在超净工作台先用 75% 的酒精浸泡 2 min, 再用 0.1% HgCl<sub>2</sub> 灭菌 10 min, 然后于无菌条件下用无菌水冲洗 6 次, 接种时, 将叶片切成 1.0 cm × 1.0 cm 的小块, 每瓶接种 5 块外植体, 以 WPM 培养

基为基本培养基附加 2,4-D 与 KT、TDZ 与 NAA、NAA 与 BA 的不同浓度进行正交组合, 其中蔗糖含量为 30 g/L, 琼脂粉为 8 g/L, pH 调至 5.8。培养室温度 (25 ± 2) °C, 暗处培养 2 周, 然后转到光下, 每天光照 12 h, 光照强度 3 600~4 500 lx。从接种后第 7 天开始记录, 以后每隔 3 d 观察 1 次。培养基编号为 A<sub>1</sub>~A<sub>5</sub> 的 2,4-D 浓度分别为 0.5、1.0、2.0、3.0、5.0 mg/L; 培养基编号为 B<sub>1</sub>~B<sub>24</sub>、C<sub>1</sub>~C<sub>17</sub>、D<sub>1</sub>~D<sub>13</sub> 的各添加物质的不同浓度组合, 如表 1、2、3 所示。

**表 1 2,4-D、KT 和 NAA 不同浓度组合****Table 1 Different concentration combination of 2,4-D, KT and NAA**

			mg/L		
培养基	2,4-D	KT	培养基	2,4-D	KT
Culture medium			Culture medium		
B <sub>1</sub>	0.5	0.25	B <sub>13</sub>	3.0	0.25
B <sub>2</sub>	0.5	0.50	B <sub>14</sub>	3.0	0.50
B <sub>3</sub>	0.5	1.00	B <sub>15</sub>	3.0	1.00
B <sub>4</sub>	0.5	2.00	B <sub>16</sub>	3.0	2.00
B <sub>5</sub>	1.0	0.25	B <sub>17</sub>	4.0	0.25
B <sub>6</sub>	1.0	0.50	B <sub>18</sub>	4.0	0.50
B <sub>7</sub>	1.0	1.00	B <sub>19</sub>	4.0	1.00
B <sub>8</sub>	1.0	2.00	B <sub>20</sub>	4.0	2.00
B <sub>9</sub>	2.0	0.25	B <sub>21</sub>	5.0	0.25
B <sub>10</sub>	2.0	0.50	B <sub>22</sub>	5.0	0.50
B <sub>11</sub>	2.0	1.00	B <sub>23</sub>	5.0	1.00
B <sub>12</sub>	2.0	2.00	B <sub>24</sub>	5.0	2.00

**2 结果与分析**

**2.1 外施不同浓度的 2,4-D 对秤锤树叶片愈伤组织诱导的影响** 在植物愈伤组织诱导过程中, 通常需要向培养基中

**基金项目** 国家自然科学基金项目 (30871459); 江苏省农业科技创新基金 (CX[07]603); 江苏省农业科学院基金项目 (6510707, 6110704)。

**作者简介** 曹昆 (1982 - ), 男, 吉林延边人, 硕士研究生, 研究方向: 树木生物技术。\* 通讯作者。

**收稿日期** 2009-06-29

加入一定量的生长素,这其中以 2,4-D 诱导效果最为明显,其启动能力比 IAA 高 10 倍<sup>[4]</sup>。因此,在秤锤树叶片愈伤组织诱导中,首先向培养基中加入不同浓度的 2,4-D 以期诱导出高质量的愈伤组织(表 4)。当接种 5 d 后,叶片开始卷曲、膨大、变形;10 d 后,在 A<sub>1</sub> ~ A<sub>5</sub> 的培养基中,陆续诱导出愈伤组织,其出愈率达 100%,愈伤组织呈褐色,透明、水渍状;放置约 40 d 后,A<sub>1</sub> ~ A<sub>5</sub> 培养基中的叶片和愈伤组织逐渐褐化并坏死,不利于作继续分化的研究。

表 2 TDZ 和 NAA 不同浓度组合

**Table 2 Different concentration combination of TDZ and NAA**  
mg/L

培养基 Culture medium	TDZ	NAA	培养基 Culture medium	TDZ	NAA
C <sub>1</sub>	0.25	0.25	C <sub>10</sub>	1.00	0.50
C <sub>2</sub>	0.50	0.25	C <sub>11</sub>	0.25	1.00
C <sub>3</sub>	1.00	0.25	C <sub>12</sub>	0.50	1.00
C <sub>4</sub>	2.00	0.25	C <sub>13</sub>	1.00	1.00
C <sub>5</sub>	3.00	0.25	C <sub>14</sub>	2.00	1.00
C <sub>6</sub>	4.00	0.25	C <sub>15</sub>	3.00	1.00
C <sub>7</sub>	5.00	0.25	C <sub>16</sub>	4.00	1.00
C <sub>8</sub>	0.25	0.50	C <sub>17</sub>	5.00	1.00
C <sub>9</sub>	0.50	0.50			

表 3 6-BA 和 NAA 不同浓度组合

**Table 3 Different concentration combination of 6-BA and NAA**  
mg/L

培养基 Culture medium	6-BA	NAA	KT
D <sub>1</sub>	1.00	0	0
D <sub>2</sub>	1.50	0	0
D <sub>3</sub>	2.00	0	0
D <sub>4</sub>	1.00	0.10	0
D <sub>5</sub>	1.00	0.25	0
D <sub>6</sub>	1.00	0.50	0
D <sub>7</sub>	2.00	0.25	0.1
D <sub>8</sub>	2.00	0.50	0.1
D <sub>9</sub>	2.00	1.00	0.1
D <sub>10</sub>	2.00	2.00	0
D <sub>11</sub>	0.10	1.00	0
D <sub>12</sub>	0.25	1.00	0
D <sub>13</sub>	0.50	1.00	0

表 4 2,4-D 不同浓度组合对出愈率及愈伤组织生长的影响

**Table 4 The effect of different concentration of 2,4-D on the growth status and rate of callus**

培养基 Culture medium	愈伤组织生长状况 Growth status of callus	出愈率//% Callus rate
A <sub>1</sub>	愈伤组织褐色透明,生长快,水渍状	100
A <sub>2</sub>	愈伤组织褐色透明,生长快,水渍状	100
A <sub>3</sub>	愈伤组织褐色透明,生长快,水渍状	100
A <sub>4</sub>	愈伤组织小、生长慢、叶脉处呈褐色	100
A <sub>5</sub>	愈伤组织小、生长慢、褐化明显	100

注:出愈率为外植体接种 25 d 后观察结果。下同。

Note: Callus rates are observation results after explant inoculation 25 days.

The same as follows.

**2.2 外施不同浓度的 2,4-D 和 KT 对秤锤树叶片愈伤组织诱导的影响** 有研究表明,2,4-D 与其他激素配合使用时,

有利于改善愈伤组织的形态<sup>[4]</sup>。因此,尝试在不同浓度的 2,4-D 基础上进一步添加细胞分裂素 KT,结果见表 5。当接种 5 d 后,叶片开始卷曲、膨大、变形;10 d 后,在 B<sub>1</sub> ~ B<sub>8</sub> 的培养基中,叶片表面出现乳白色粉末状的愈伤组织,像霜一样覆盖在叶片的表面上,并且在 B<sub>1</sub> 和 B<sub>6</sub>、B<sub>2</sub> 和 B<sub>7</sub>、B<sub>3</sub> 和 B<sub>8</sub> 中,当 2,4-D 与 KT 的浓度比值相同情况下,愈伤组织的形态相似。当 2,4-D 浓度达到 2.0 mg/L 时,得到的愈伤组织形态为乳白色、颗粒状或团块状,愈伤组织生长快,逐渐增大,变得坚实而紧密,围绕叶片边缘呈花环状。当培养基中的 2,4-D 浓度达到 3.0 mg/L 时,愈伤组织出现了褐化的趋势,到 5.0 mg/L 时褐化情况变得更加明显。看来,向培养基中添加 2.0 mg/L 的 2,4-D 的基础上,附加不同浓度的 KT,可利于诱导出乳白色、生长快、愈伤大、颗粒状且团块状致密的愈伤组织。

表 5 2,4-D 和 KT 不同浓度组合对出愈率及愈伤组织生长的影响

**Table 5 The effect of different concentration of 2,4-D and KT on the growth status and rate of callus**

培养基 Culture medium	愈伤组织生长状况 Growth status of callus	出愈率//% Callus rate
B <sub>1</sub>	乳白色、生长慢、愈伤小、似霜状	100
B <sub>2</sub>	乳白色、乳绿色、生长较慢、愈伤小、似霜状	100
B <sub>3</sub>	乳白色、乳绿色、生长较快、愈伤较大、似霜状	100
B <sub>4</sub>	乳白色、乳绿色、愈伤较小、似霜状	100
B <sub>5</sub>	乳白色、绿色、生长较快、细小颗粒状	100
B <sub>6</sub>	乳白色、生长慢、愈伤小、似霜状	100
B <sub>7</sub>	乳白色、乳绿色、生长较慢、愈伤小、似霜状	100
B <sub>8</sub>	乳白色、乳绿色、生长较快、愈伤较大、似霜状	100
B <sub>9</sub>	乳白色、生长快、愈伤大、颗粒状致密	100
B <sub>10</sub>	乳白色、生长快、愈伤大、颗粒状、团块状致密	100
B <sub>11</sub>	乳白色、生长快、愈伤大、颗粒状、团块状致密	100
B <sub>12</sub>	乳白色、生长快、愈伤大、颗粒状紧密坚实	100
B <sub>13</sub>	乳白色、褐化多、生长较慢、愈伤较小、颗粒较小、紧密	100
B <sub>14</sub>	乳白色、褐化较多、生长较慢、愈伤较小、颗粒较小、紧密	100
B <sub>15</sub>	乳白色、褐化少一些、生长较慢、愈伤较小、颗粒较小、紧密	100
B <sub>16</sub>	乳白色、生长较慢、愈伤较小、颗粒较小、紧密	100
B <sub>17</sub>	乳白色、褐化多、生长较慢、愈伤较小、切口处颗粒较小、紧密、表面似霜状	100
B <sub>18</sub>	乳白色、褐化较多、生长较慢、愈伤较小、切口处颗粒较小、紧密、表面似霜状	100
B <sub>19</sub>	乳白色、褐化少一些、生长较慢、愈伤较小、切口处颗粒较小、紧密、表面似霜状	100
B <sub>20</sub>	乳白色、褐化少一些、生长较慢、愈伤较小、切口处颗粒较小、紧密、表面似霜状	100
B <sub>21</sub>	乳白色、褐化很多、生长较慢、愈伤小、切口处颗粒较小、紧密、表面似霜状	100
B <sub>22</sub>	乳白色、褐化多、生长较慢、愈伤较小、切口处颗粒较小、紧密、表面似霜状	100
B <sub>23</sub>	乳白色、褐化多、生长较慢、愈伤较小、切口处颗粒状较小、不多、紧密、表面似霜状	100
B <sub>24</sub>	乳白色、褐化多、生长较慢、愈伤较小、切口处颗粒状较小、不多、紧密、表面似霜状	100

**2.3 外施不同浓度的 TDZ 和 NAA 对秤锤树叶片愈伤组织诱导的影响** 有着细胞分裂素兼生长素作用的 TDZ,其效果较 6-BA 至少高一个数量级,由其成功诱导出木本植物不定芽的报道很多,与 TDZ 配合使用的激素通常是 NAA 和 IAA。

因此选用 TDZ 和 NAA 的组合来诱导愈伤组织或不定芽。结果表明,在单独添加 1~5 mg/L 的 TDZ 的培养基中,叶片褐化明显,既不能直接诱导出不定芽,也不能获得愈伤组织。放置 40 d 左右,叶片坏死。但在 TDZ 和 NAA 组合的培养基中,接种 22 d 后,仅在 C<sub>1</sub>、C<sub>2</sub>、C<sub>3</sub>、C<sub>11</sub>、C<sub>12</sub> 的培养基中诱导出了愈伤组织,出愈率分别为 46.5%、37.1%、25.4%、24.5%、11.7%。但是愈伤组织的生长状态都类似,愈伤组织呈绿色、颗粒状,较小且很致密,并在叶片切口及表面褐化明显。其中出愈率最高的 C<sub>1</sub> 为 46.5%,最低的 C<sub>12</sub> 为 11.7%。这种绿色、过于致密的愈伤组织通常认为是很难分化成苗的,这可能与 TDZ 的强细胞分裂素作用有关。

**2.4 外施不同浓度的 6-BA 和 NAA 对秤锤树叶片愈伤组织诱导的影响** 尽管多数愈伤组织的诱导是通过添加生长素来实现的,而且在众多的生长调节剂中,以 2,4-D 的诱导效果最为明显,但也有研究表明 2,4-D 用量不宜过大,一方面,得到的愈伤组织容易褐化,另一方面愈伤组织容易疯长,得不到胚性的愈伤组织,而且 2,4-D 在植物体内积累,得到的愈伤组织不易分化成苗。6-BA 是人们尝试使用的诱导植物愈伤组织,特别是树木叶片愈伤组织的有效植物生长调节剂之一,Raemakers 等报道称由其诱导出愈伤组织的植物种类高达 57%<sup>[5]</sup>。为此,尝试向培养基添加 6-BA 研究其对秤锤树愈伤组织诱导的影响(表 6)。单独添加 6-BA 时,即使诱导 25 d,叶片只是卷曲,并没有见膨大,而且也没有诱导出愈伤组织;在 6-BA 施用的基础上,再配合添加 NAA 则可以成功诱导出愈伤组织。并且在 6-BA 处于较低浓度(1.00 mg/L)水平时,随着 NAA 浓度水平的提高,出愈率增加。与施加 2,4-D 诱导获得的愈伤组织相比,由 NAA 和 6-BA 诱导获得的愈伤组织,出愈时间要晚,15 d 时,在叶脉的靠近叶柄的切口出现愈伤组织,且愈伤组织比较小,生长得比较慢。

表 6 6-BA 和 NAA 不同浓度组合对出愈率及愈伤组织生长的影响

Table 6 The effect of different concentration of NAA and 6-BA on the growth status and rate of callus

培养基 Culture medium	愈伤组织生长状况 Growth status of callus	出愈率//% Callus rate
D <sub>1</sub>	叶片未启动	0
D <sub>2</sub>	叶片未启动	0
D <sub>3</sub>	叶片未启动	0
D <sub>4</sub>	叶片未启动	0
D <sub>5</sub>	白色、小、颗粒状,致密	18.2
D <sub>6</sub>	白色、略小、颗粒状,致密	26.5
D <sub>7</sub>	叶片未启动	0
D <sub>8</sub>	叶片未启动	0
D <sub>9</sub>	叶片未启动	0
D <sub>10</sub>	白色、小、颗粒状,致密	3.8
D <sub>11</sub>	白色、小、颗粒状,致密	72.7
D <sub>12</sub>	白色、小、颗粒状,致密	83.9
D <sub>13</sub>	白色、小、颗粒状,致密	70.8

### 3 讨论

(1)有关秤锤树植物组织培养成功的报道很少见,主要是蒋泽平等使用顶芽和带芽茎段作为外植体,提高其增殖系

数的报道<sup>[6]</sup>。但是一个植株的顶芽和带芽茎段数目有限,因此以其为外植体远没有以叶片作为外植体的来源广泛而不受限制。但是目前以秤锤树的叶片作为外植体来直接或间接诱导不定芽的报道则不多,而且秤锤树快繁效率不高的原因主要还有基因型和内源激素这 2 个方面的影响,就基因型而言,由于秤锤树的生长环境独特、繁殖率低,因此其遗传多样性较低。而基因型的差异表现在它们对外源激素的敏感性的不同和效果的差异上。就内源激素而言,它们同外源激素之间的相互作用比较复杂,共同作用影响着植物的脱分化与分化。

(2)愈伤组织的诱导是间接诱导不定芽的必经阶段之一,因此,愈伤组织的形成和长势的控制是植物生物技术十分关注的内容。愈伤组织的频率与质量受培养基成分、外植体材料、生长调节剂种类和添加量、光照条件及叶片幼嫩程度等诸多因素的共同影响。其中,生长调节剂的种类、用量及配比是调控植物器官产生愈伤组织的主导因素<sup>[7-9]</sup>。据报道,超过 80% 的植物材料,是通过外源添加植物生长调节剂诱导产生愈伤组织的,仅有不到 7% 的植物材料,是不添加生长调节剂直接诱导产生愈伤组织的<sup>[10]</sup>,在众多的生长调节剂中,以 2,4-D 的诱导效果最为明显。但是已有的研究表明,秤锤树诱导的绿色、过于致密的愈伤组织是其快繁的障碍,是很难分化成苗的<sup>[5]</sup>,因此,通过外源激素调控秤锤树愈伤组织的状态是其间接诱导不定芽的关键。试验以 WPM 培养基为基本培养基、秤锤树叶片作为外植体,通过不同激素(2,4-D、6-BA、NAA、KT 和 TDZ)及激素的组合对秤锤树愈伤组织诱导的正交试验。结果表明,不同的激素组合都能诱导出愈伤组织,但只有在培养基中添加 2.0 mg/L 的 2,4-D,附加 0.25~2.00 mg/L 的 KT 时,才能获得致密、颗粒状且生长快速的愈伤组织,试验结果可以为下一步的继代培养或分化提供依据。

(3)在植物愈伤组织的诱导中,虽然对 NAA 的利用不是很多,但最近研究也表明,NAA 对愈伤组织的诱导也有很重要的作用。如林娅等研究表明,NAA 诱导愈伤组织的效果优于 2,4-D,NAA 与任何一种细胞分裂素类物质结合使用,愈伤组织诱导率都为 100%<sup>[11]</sup>。试验结果表明,由 NAA 和 6-BA 组合获得的愈伤组织与添加 2,4-D 和 KT 诱导获得的愈伤组织形态上相似,但是其出愈率和愈伤生长速率都低于 2,4-D 和 KT 的组合,可见,秤锤树愈伤组织的诱导所需的激素种类有其独特性,因此,秤锤树组培快繁技术的优化还有待探索。

### 参考文献

- [1] 傅立国. 中国植物红皮书——稀有濒危植物(第 1 册)[M]. 北京: 科学出版社, 1992.
- [2] 李霞. 生物柴油的发展以及在江苏的发展潜力分析[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(3): 1191-1193.
- [3] 黄致远, 宗世贤. 秤锤树生态地理分布、生物学特性与繁殖的初步研究[J]. 江苏林业科技, 1998, 25(2): 15-18.
- [4] 沈海龙. 植物组织培养[M]. 北京: 中国林业出版社, 2005: 2, 76, 80.
- [5] RAEMAKERS C J J M, JACOBSEN E, VISSER R G F. Secondary somatic embryogenesis and applications in plant breeding[J]. Euphytica, 1995, 81: 93-107.
- [6] 蒋泽平, 梁珍海, 刘根林, 等. 秤锤树离体培养和植株再生[J]. 园艺学报, 2005, 32(3): 537-540.

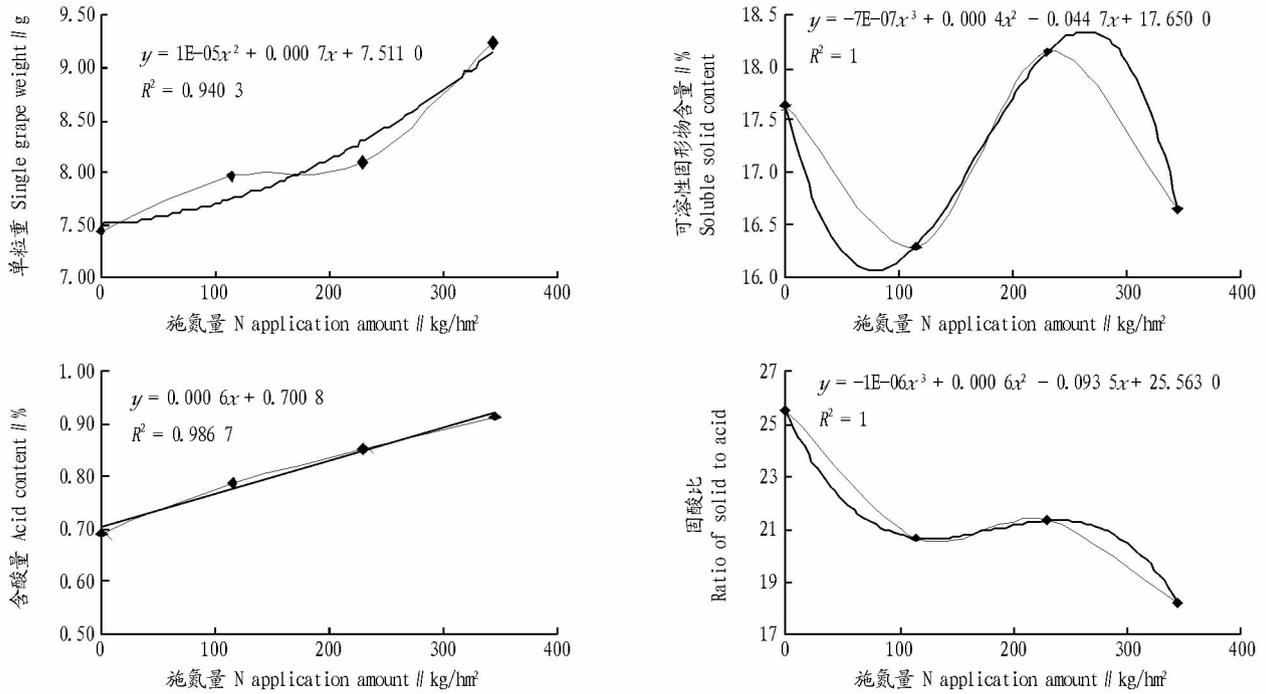


图5 氮素对葡萄单粒重、可溶性固形物、可滴定酸含量及固酸比的影响

Fig.5 Effects of N on single grape weight, soluble solid, titration acid content and ratio of solid to acid

需进一步研究。各器官叶部含氮量最大并在果实膨大期达到最高,之后迅速降低,大量氮素向果实中转移。因此在葡萄采收后,结合施基肥可以适当施一些速效氮肥,对后期叶片的光合作用和树体进行营养积累有一定好处。卷须作为花的变态,在生产管理中要及时摘除,减少养分消耗。

全球红葡萄单粒重随着氮肥施用量的增加而增加,可见氮肥对果实产量形成起重要作用;建立回归方程: $y = -0.2141x^2 + 93.2160x + 23.086$ ,  $R^2 = 0.9884$ ,表明施氮肥量与产量符合报酬递减率,此时最大施用氮量(纯N)为217.69 kg/hm<sup>2</sup>。同时氮肥对于全球红葡萄品质也有一定影响,施氮有提高浆果可滴定酸含量,当氮(纯N)施用量在73.97~330.86 kg/hm<sup>2</sup>时,随施肥量的增加葡萄可溶性固形

物含量增加,氮施用量在116.40~292.97 kg/hm<sup>2</sup>时,固酸比随氮肥施用量增加而提高。由此可见,生产中要适当控制氮施用量,防止因氮肥施用过多而引起的葡萄口感差,品质降低。

#### 参考文献

- [1] 南京农业大学. 土壤农业化学分析[M]. 北京:农业出版社,1981.
- [2] 马国瑞. 园艺植物营养与施肥[M]. 北京:中国农业出版社,1998.
- [3] 胡建芳. 鲜食葡萄优质高产栽培技术[M]. 北京:中国农业出版社,2001.
- [4] 小林章. 果树营养[M]. 北京:农业出版社,1960.
- [5] 管长志,曾壤,孟昭清. 巨峰葡萄晚秋叶施15N——尿素的吸收、运转、贮藏和再分配[J]. 园艺学报,1993,20(3):237-242.
- [6] 徐海英. 葡萄产业栽培技术[M]. 北京:中国农业出版社,2001.
- [7] 李建和,刘淑欣,陈克文. 氮钾营养与葡萄植株生长、产量及品质的关系[J]. 福建农业大学学报,1995,24(1):58-62.

(上接第15696页)

- [7] 郑先波,夏国海,崔红,等. 无籽西瓜种苗愈伤组织诱导研究[J]. 河南农业大学学报,2003,37(1):39-43.
- [8] 李俊明. 植物组织培养教程[M]. 北京:中国农业出版社,2002:3,112.
- [9] 谷瑞升,蒋湘宁,郭仲琛. 植物离体培养中器官发生调控机制的研究进展[J]. 植物学通报,1999,16(3):238-244.

- [10] GAJ M D. Factors influencing somatic embryogenesis induction and plant regeneration with particular reference to *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh [J]. Plant Growth Regulat, 2004,43:27-47.
- [11] 黎明,马焕成. 木兰科植物无性繁殖研究概况[J]. 西南林学院学报,2003,31(2):92-96.