

# 多效唑对脱毒怀地黄生长发育、产量及品质的影响

陈明霞<sup>1,2</sup>, 李向武<sup>1</sup>, 李明军<sup>1,2</sup>, 李敬敬<sup>1,3</sup>, 王冰<sup>1</sup>, 张晓丽<sup>1,2</sup>

(1. 河南师范大学 生命科学学院, 河南 新乡 453007; 2. 河南省高校道地中药材保育及利用工程技术研究中心, 河南 新乡 453007;

3. 平顶山理工学校, 河南 平顶山 467091)

**摘要:**以继代培养的怀地黄脱毒试管苗“85-5”为试材,研究了多效唑不同喷施浓度和处理次数对脱毒怀地黄生长发育、产量和品质的变化规律。结果表明:随着多效唑喷施浓度和处理次数的增加,怀地黄脱毒苗的株高、叶面积和冠幅都呈现逐渐下降的趋势;随着多效唑喷施浓度和次数的增加,怀地黄产量和品质呈现先上升后下降的趋势;多效唑 200 mg/L 处理 2 次是最佳喷施浓度和喷施次数,此时脱毒怀地黄产量最高,为 5 682.67 kg/667m<sup>2</sup>;梓醇和毛蕊花糖苷含量较大,分别为 8.33 mg/g 和 0.55 mg/g。

**关键词:**脱毒怀地黄;多效唑;生长发育;产量;品质

**中图分类号:**S 482.8<sup>+</sup>99 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)18-0171-04

怀地黄 [*Rehmannia glutinosa* f. *hueichingensis* (Chan et Seih) Hsiao] 属玄参科地黄属多年生草本植物<sup>[1]</sup>,主产于河南焦作市的修武、武陟、温县、孟县、博爱等地(古怀庆府),习称“怀地黄”,是我国著名的“四大怀药”之一。怀地黄在明、清时代被列为进贡皇帝的贡品,素有“怀参”之称<sup>[2]</sup>。怀地黄块根肥厚,肉质,呈块状、圆柱状或纺锤状,以块根入药,为我国传统大宗中药材。

多效唑(Paclobutrazol, PP<sub>333</sub>)是一类常用的高效低毒植物生长调节剂。它能够阻碍内源赤霉素(GA)的合成<sup>[3]</sup>,延缓植物的生长,抑制植物茎枝伸长,使茎秆粗壮。此外,还可促进植物分枝、分蘖、生根、成花及坐果,增加

叶片叶绿素、蛋白质和核酸的含量,提高光合速率和抗氧化酶的活性,增强植物的抗寒性和抗旱性<sup>[4-6]</sup>。其化控效果主要是影响营养物质的再分配和再利用,抑制地上部分生长,减少基部的营养积累,促进营养物质向根部输送和分配。多效唑在许多作物上已有应用<sup>[7-10]</sup>,在怀地黄生产应用上尚鲜见报道。该试验对多效唑不同喷施浓度和喷施次数处理后脱毒怀地黄生长发育、产量和品质的变化规律进行研究,以期对脱毒怀地黄生产应用提供理论依据和技术支持。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试材料为“河南省高校道地中药材保育及利用工程技术研究中心”继代培养的怀地黄脱毒试管苗“85-5”。

### 1.2 试验方法

2012 年的大田试验在河南省温县赵堡镇实验基地进行。将怀地黄脱毒试管苗经快繁生根、移栽驯化后移栽入大田,称怀地黄脱毒苗,用不同浓度的 PP<sub>333</sub> 在怀地黄脱毒苗块茎膨大期进行处理,于 7、8、9 月记录其株高、冠幅、功能叶面积和叶片数等形态指标,11 月收获后进行产量和品质测定,采用高效液相色谱法测定梓醇及毛蕊花糖苷含量。每个处理 3 次重复,详见表 1。在怀地黄全生长期进行常规的浇水、施肥和病虫害防治与管理。

**第一作者简介:**陈明霞(1973-),女,河南南阳人,博士,副教授,现主要从事植物组织培养教学及药用植物生物技术应用等研究工作。E-mail:chenmx1973@gmail.com。

**责任作者:**李明军(1962-),男,河南温县人,博士,教授,现主要从事植物生理学教学及植物生物技术应用等研究工作。E-mail:limingjun2002@263.net。

**基金项目:**河南省科技创新杰出人才计划资助项目(114200510013);河南省教育厅科技研究重点资助项目(13A180521);博士启动基金资助项目(01046500020);大学生创新资助项目(20120221)。

**收稿日期:**2014-05-27

three herbs extracts were 4.56, 2.51, 1.72 mg/mL, respectively, and DPPH radical scavenging activities were 89.12%, 85.72%, 91.07%, which were not related. Phenols were not the only ingredients which contribute to the antioxidant activity.

**Keywords:** extraction technology; *Salviae miltiorrhizae* Radix; *Schisandra chinensis* Fructus; *Lentinula edodes*; anti-aging; antioxidant activity

表 1 不同浓度 PP<sub>333</sub> 处理  
怀地黄脱毒试管苗喷施时间和次数

Table 1 Different concentrations of PP<sub>333</sub> treatment on  
virus-free *Rehmannia glutinosa* L. plantlet of spraying time and frequency

| PP <sub>333</sub> 浓度<br>PP <sub>333</sub> concentration<br>/(mg · L <sup>-1</sup> ) | 喷施次数<br>Spraying<br>frequency/次 | 喷施时间<br>Spraying time/月-日<br>第 1 次<br>The first time | 第 2 次<br>The second time | 第 3 次<br>The third time |
|---|---------------------------------|--|--------------------------|-------------------------|
| 0(P0)   | 1                               | 07-07  | —                        | —                       |
| 100(P1)   | 1                               | 07-07  | —                        | —                       |
| 200(P21)  | 1                               | 07-07  | —                        | —                       |
| 200(P22)  | 2                               | 07-07  | 07-14                    | —                       |
| 200(P23)  | 3                               | 07-07  | 07-14                    | 07-21                   |
| 400(P3)   | 1                               | 07-07  | —                        | —                       |

注:括号内字母为各处理的编号,下同。

Note: The letters in bracket are the treatment numbers, the same below.

## 2 结果与分析

### 2.1 PP<sub>333</sub> 对脱毒怀地黄形态指标的影响

由表 2 可知,随怀地黄生长过程的推进,从 7—9 月,未经 PP<sub>333</sub> 处理的怀地黄脱毒苗株高、冠幅、功能叶面积和叶片数逐渐增加。经 PP<sub>333</sub> 处理后脱毒怀地黄的株高、冠幅和功能叶面积与对照比均有所降低,且处理后

表 2 PP<sub>333</sub> 处理对脱毒怀地黄形态指标的影响

Table 2 Effect of PP<sub>333</sub> on morphology index of virus-free *Rehmannia glutinosa* f. L. plantlet

| 测定月份<br>Measure time/月 | 处理编号<br>Treatment number | 株高<br>Plant height/cm | 冠幅<br>Crown/cm | 叶片数<br>Leaf numbers | 叶面积<br>Leaf area/cm <sup>2</sup> |
|------------------------|--------------------------|-----------------------|----------------|---------------------|----------------------------------|
| 7                      | P0                       | 22.93±0.90a           | 46.10±2.01a    | 12.60±1.67a         | 210.55±22.45a                    |
|                        | P1                       | 21.27±0.46a           | 47.43±1.69a    | 11.60±1.14ab        | 199.57±9.74a                     |
|                        | P21                      | 22.00±1.73a           | 46.80±0.72a    | 11.80±1.10ab        | 210.02±21.51a                    |
|                        | P22                      | 22.70±1.59a           | 44.83±0.76a    | 11.40±1.14ab        | 193.61±6.93a                     |
|                        | P23                      | 20.33±1.44a           | 46.57±0.40a    | 10.40±0.55b         | 195.34±19.84a                    |
|                        | P3                       | 20.43±2.06a           | 46.50±3.12a    | 10.60±1.14b         | 197.09±7.92a                     |
| 8                      | P0                       | 25.30±0.56a           | 48.50±0.46a    | 13.00±0.71a         | 264.32±10.32a                    |
|                        | P1                       | 21.20±1.15b           | 45.40±1.44ab   | 12.40±0.55a         | 155.81±46.77ab                   |
|                        | P21                      | 20.87±0.32b           | 45.43±1.25ab   | 13.00±2.00a         | 154.70±25.26ab                   |
|                        | P22                      | 18.10±0.85c           | 44.77±0.87b    | 12.40±0.55a         | 154.68±15.79ab                   |
|                        | P23                      | 16.80±1.31c           | 45.40±1.22ab   | 12.60±1.14a         | 151.41±19.29ab                   |
|                        | P3                       | 16.57±0.60c           | 45.87±2.50ab   | 12.20±0.45a         | 118.90±14.39b                    |
| 9                      | P0                       | 25.97±0.93a           | 49.87±1.47a    | 18.20±0.84ab        | 337.96±12.36a                    |
|                        | P1                       | 19.67±1.58b           | 41.40±1.01b    | 20.20±2.17a         | 134.41±15.44b                    |
|                        | P21                      | 18.93±0.25bc          | 40.83±1.32b    | 20.20±1.48a         | 120.27±14.23b                    |
|                        | P22                      | 18.47±0.92bc          | 36.97±1.17c    | 20.00±1.22a         | 98.97±11.73c                     |
|                        | P23                      | 17.13±1.29cd          | 35.07±1.53cd   | 17.60±1.82b         | 91.59±8.15c                      |
|                        | P3                       | 15.93±0.12d           | 34.07±0.42d    | 19.80±0.84a         | 85.20±15.06c                     |

### 2.2 PP<sub>333</sub> 对脱毒怀地黄产量的影响

从表 3 可以看出,经 PP<sub>333</sub> 处理后,脱毒怀地黄平均单株重、最大单株重和产量均比对照高。随着 PP<sub>333</sub> 处理浓度(0~400 mg/L)的增加,脱毒怀地黄平均单株重、最大单株重和产量均呈现先增高后降低的趋势,在 PP<sub>333</sub> 200 mg/L 时有最大值,分别为 661.33 g、773.00 g 和 5 291.20 kg/667m<sup>2</sup>;PP<sub>333</sub> 处理浓度为 200 mg/L 时,随着处理次数的增加,脱毒怀地黄平均单株重和产量均呈现

的怀地黄叶片变厚,叶色深绿,茎秆粗壮,说明 PP<sub>333</sub> 喷施处理后抑制了脱毒怀地黄地上部分的生长,并使植株粗壮,促进了怀地黄的光合效率的提高。在 8、9 月经 PP<sub>333</sub> 处理后,怀地黄脱毒苗的株高、冠幅和叶面积都呈现逐渐减小的趋势。在喷施次数为 1 次时,随着 PP<sub>333</sub> 处理浓度(0~400 mg/L)的增加,7 月脱毒怀地黄的株高、冠幅、叶片数和叶面积都没有明显的区别,8、9 月各处理的株高、冠幅、叶面积都呈现逐渐减小的趋势,叶片数没有一定的变化规律。当处理浓度为 200 mg/L 时,随处理次数的增加,8、9 月怀地黄脱毒苗株高、冠幅、叶片数和功能叶面积都呈现逐渐减少的趋势,7 月各处理与对照间没有明显差异。方差分析表明,7 月处理 P23(PP<sub>333</sub> 200 mg/L 喷施 3 次)和 P3(PP<sub>333</sub> 400 mg/L 喷施 1 次)的叶片数和对照差异显著,而株高、冠幅、功能叶面积各处理与对照间没有明显的差异;8 月各处理的株高与对照均差异显著,冠幅处理 P22(PP<sub>333</sub> 200 mg/L 喷施 2 次)与对照差异显著,功能叶面积处理 P3(PP<sub>333</sub> 400 mg/L 喷施 1 次)与对照差异显著,其它处理与对照差异不显著;9 月各处理的株高、冠幅、叶面积与对照均差异显著,而叶片数各处理与对照间差异不显著。

先增高后降低的趋势,在处理 P22(PP<sub>333</sub> 200 mg/L 喷施 2 次)有最大值,分别为 710.33 g 和 5 682.67 kg/667m<sup>2</sup>。方差分析表明,经 PP<sub>333</sub> 处理后,脱毒怀地黄的平均单株重和产量与对照差异显著。

### 2.3 PP<sub>333</sub> 对脱毒怀地黄品质的影响

从表 4 可以看出,PP<sub>333</sub> 处理后脱毒怀地黄的梓醇含量均高于对照。随着 PP<sub>333</sub> 处理浓度(0~400 mg/L)的增加,梓醇含量先增加后降低,在喷施 1 次 P21(PP<sub>333</sub>

表 3 PP<sub>333</sub>对脱毒怀地黄产量的影响

Table 3 Effect of PP<sub>333</sub> treatment on yield of virus-free *Rehmannia glutinosa* f. L. plantlet

| 处理编号             | 平均单株重                      | 单株块茎数                            | 最大单株重                  | 667 m <sup>2</sup> 产量           |
|------------------|----------------------------|----------------------------------|------------------------|---------------------------------|
| Treatment number | The average plant weight/g | The number of tubers per plant/个 | Maximum plant weight/g | Yield of 667 m <sup>2</sup> /kg |
| P0               | 518.33±20.40c              | 4.0                              | 495                    | 4 146.67d                       |
| P1               | 631.67±9.02ab              | 4.5                              | 753                    | 5 053.33ab                      |
| P21              | 661.33±43.47ab             | 3.7                              | 773                    | 5 291.20ab                      |
| P22              | 710.33±13.32a              | 4.3                              | 758                    | 5 682.67a                       |
| P23              | 597.00±28.35bc             | 4.9                              | 694                    | 4 776.00bc                      |
| P3               | 590.67±11.50bc             | 4.0                              | 619                    | 4 724.67bc                      |

表 4 PP<sub>333</sub>对脱毒怀地黄品质的影响

Table 4 Effect of PP<sub>333</sub> treatment on quality of virus-free *Rehmannia glutinosa* f. L. plantlet

| 处理编号             | 梓醇含量                                       | 毛蕊花糖苷含量   |
|------------------|--|---|
| Treatment number | Content of atalopl/(mg·g <sup>-1</sup> DW) | Content of verbascoside/(mg·g <sup>-1</sup> DW) |
| P0               | 7.44±0.16c                                 | 0.30±0.03e                                      |
| P1               | 8.00±0.24bc                                | 0.31±0.00e                                      |
| P21              | 8.28±0.18b                                 | 0.42±0.02c                                      |
| P22              | 8.33±0.08b                                 | 0.55±0.02b                                      |
| P23              | 9.73±0.51a                                 | 0.81±0.01a                                      |
| P3               | 7.83±0.44bc                                | 0.38±0.01d                                      |

200 mg/L)有最大值,为 8.33 mg/g DW;PP<sub>333</sub> 处理浓度为 200 mg/L 不变时,随着处理次数的增加,梓醇含量也逐渐增加。在处理 P23(PP<sub>333</sub> 200 mg/L 喷施 3 次)有最大值,为 9.73 mg/g DW。脱毒怀地黄经 PP<sub>333</sub> 处理后,毛蕊花糖苷含量均高于对照,随着 PP<sub>333</sub> 处理浓度的增加呈现先增高后降低的趋势,在喷施 1 次 P21(PP<sub>333</sub> 200 mg/L)有最大值,为 0.42 mg/g DW;PP<sub>333</sub> 处理浓度为 200 mg/L 不变时,随着处理次数的增加,毛蕊花糖苷含量逐渐增加,在处理 P23(PP<sub>333</sub> 200 mg/L 喷施 3 次)有最大值,为 0.81 mg/g DW。方差分析表明,处理 P21(PP<sub>333</sub> 200 mg/L 喷施 1 次)、P22(PP<sub>333</sub> 200 mg/L 喷施 2 次)和 P23(PP<sub>333</sub> 200 mg/L 喷施 3 次)的梓醇含量与对照有显著性差异,且高于对照;毛蕊花糖苷含量除处理 P1(PP<sub>333</sub> 100 mg/L 喷施 1 次)外,其它处理与对照差异显著。适宜 PP<sub>333</sub> 浓度处理后可以改善怀地黄品质,增加有效成分的含量。综合产量和有效成分来看,以处理 P22(PP<sub>333</sub> 200 mg/L 喷施 2 次)为较适宜的处理浓度和处理次数。

3 结论与讨论

PP<sub>333</sub> 能够减缓细胞的分裂与伸长,使茎秆粗壮,叶色浓绿,抑制作物地上部分徒长,缩短植物节间,增加植物抗逆性<sup>[11]</sup>。该研究结果表明,PP<sub>333</sub> 处理后,怀地黄脱毒苗的株高得到了有效地控制,8 月与对照相比相差最大的达到 34.5%,9 月 PP<sub>333</sub> 处理后株高和对照比最大相差达到 38.66%。在 PP<sub>333</sub> 喷施浓度均为 200 mg/L 时,随着喷施次数的增加,株高的抑制效果更加明显。这与以往的研究结果是一致的<sup>[12-13]</sup>。已有研究发现,PP<sub>333</sub> 提高了 ABA 水平的同时抑制了 GA 的合成<sup>[14]</sup>。PP<sub>333</sub> 主要是通过调节内源激素的含量抑制细胞伸长,使植株矮

化<sup>[15]</sup>。株高的降低,使得单株怀地黄脱毒苗所占空间减小,便于植株通风及进行光合作用,不会因为彼此的叶片重叠影响光合作用的进行。同时,株高的降低,有利于增加栽培密度,提高单位面积的产量。此外,怀地黄脱毒苗的冠幅、叶面积也都得到了有效的控制,8、9 月怀地黄脱毒苗的叶面积均小于对照,其叶片变厚,叶色浓绿,使得叶片的叶绿素得到“浓缩”,有利于光能的集中,便于进行光合作用。

怀地黄以块根入药,其产量和品质影响了药农种植的积极性,因此,采用合适的手段提高怀地黄产量,改善其品质具有积极的意义。该研究结果表明,PP<sub>333</sub> 处理后均可有效增加怀地黄的单产。随着处理浓度的增加,怀地黄单产呈现先增加后降低的趋势,高浓度处理产量没有低浓度的处理效果好,这与以往的研究结果一致<sup>[16-18]</sup>。经 PP<sub>333</sub> 处理后,怀地黄的有效成分梓醇含量在高浓度处理时要高于对照,低浓度则没有明显的效果。当处理浓度为 200 mg/L 喷施 3 次时,梓醇含量与对照相比增加幅度达到 30.8%。各处理的毛蕊花糖苷含量均高于对照,说明 PP<sub>333</sub> 可以显著增加毛蕊花糖苷的含量,在用 200 mg/L PP<sub>333</sub> 喷施 3 次时,毛蕊花糖苷含量达最大值 0.81 mg/g,比对照增加 170%。多效唑延缓植物生长,促进了作物根系发育化控效果,主要是通过抑制地上部分生长,影响作物营养物质的再分配和再利用,减少基部营养物质的积累,促进营养物质向根部运输和分配,同时促进块根膨大,从而提高怀地黄产量。PP<sub>333</sub> 在增加作物产量的同时改善了品质,这在水稻、曙光油桃上也有所体现<sup>[19-20]</sup>。

(该文作者还有冯文艳和刘喜艳,单位同第二作者。)

## 参考文献

- [1] 王太霞,司源,李景原,等. 怀地黄块根内含梓醇结构的组织化学和超微结构研究[J]. 西北植物学报,2005,25(5):928-931.
- [2] 高晓山.“四大怀药”考按[J]. 河南中医,1994,14(3):42-43.
- [3] Guo D P, Shah G A, Zeng G W, et al. The interaction of plant growth regulators and vernalization on the growth and flowering of cauliflower (*Brassica oleracea* var. botrytis) [J]. Plant growth regulation, 2004, 43(2):163-171.
- [4] Chutichudet B, Chutichudet P, Chanaboon T. Effect of chemical paclobutrazol on growth, yield and quality of okra (*Abelmoschus esculentus* L.) Harlium cultivar in northeast Thailand [J]. Pakistan Journal of Biological Sciences, 2007, 10(3):433-438.
- [5] 曾旭,张怀琼,罗培高,等. 多效唑对小麦叶片衰老及产量的影响[J]. 华北农学报,2007,22(2):136-140.
- [6] Hajihashemi S, Kiarostami K, Saboori A, et al. Exogenously applied paclobutrazol modulates growth in saltstressed wheat plants [J]. Plant Growth Regulation, 2007, 53(2):117-128.
- [7] 谭乾开,黎华寿,陈健章,等. 多效唑 (PP<sub>333</sub>) 对花生农艺性状及产量的影响[J]. 中国农学通报,2010,26(8):132-136.
- [8] 李高峰,王贤荣,郑鹏,等. B9 与 PP<sub>333</sub> 复合制剂对牡丹生长与开花的影响[J]. 林业科技开发,2008,22(1):56-58.
- [9] 凌征柱,赵维和,覃文流,等. 多效唑对珙菲亚生长发育和药材产量的影响[J]. 时珍国医国药,2012,21(4):992-993.
- [10] 王晓艳,孙继,唐筱春,等. 植物生长调节剂 PP<sub>333</sub> 对冬榨菜生长的影响[J]. 浙江农业科学,2011(4):767-768.
- [11] 陈志平. PP<sub>333</sub> 对切花夏菊生长、开花及生理的影响[J]. 农技服务,2011,28(4):486-487.
- [12] 张丽君,杨映红,王花,等. 3 种生长抑制剂对盆栽丽格海棠的矮化实验[J]. 中国园艺文摘,2009,25(12):35-37.
- [13] 张美善,张治安,徐克章. B9 和 PP<sub>333</sub> 对人参生长和叶片光特性的影响[J]. 植物生理学通讯,2003,39(5):455-457.
- [14] 李玲,潘瑞炽. 植物生长延缓剂和 ABA 的关系[J]. 植物学通报,1988,5(4):199-204.
- [15] 潘瑞炽,董愚德. 植物生理学[M]. 3 版. 北京:高等教育出版社,1995:180-224.
- [16] 袁展汽,刘仁根,汪瑞清,等. 喷施多效唑对木薯产量及生长的影响[J]. 广东农业科学,2010(2):13-14.
- [17] 李世忠,韩建国. 氮肥及多效唑对蓝茎冰草生长及种子产量的影响[J]. 农业科学研究,2010,31(1):19-22.
- [18] 郑瑞杰,王德永,于冬梅. 多效唑对日本栗生长和产量的影响[J]. 北方园艺,2010(7):31-33.
- [19] 龚超热. 多效唑不同用量对优质稻抗倒性及产量性状的影响[J]. 湖南农业科学,2010(13):44-46.
- [20] 代天哲,汪志辉,廖明安. PP<sub>333</sub> 对曙光油桃生长结果和果实品质影响的研究[J]. 北方园艺,2007(12):40-43.

## Effect of PP<sub>333</sub> Treatment on Growth, Yield and Quality of Virus-free *Rehmannia glutinosa* f. *Hueichingensis* (Chan et Seih) Hsiao Plantlet

CHEN Ming-xia<sup>1,2</sup>, LI Xiang-wu<sup>1</sup>, LI Ming-jun<sup>1,2</sup>, LI Jing-jing<sup>1,3</sup>, WANG Bing<sup>1</sup>, ZHANG Xiao-li<sup>1,2</sup>, FENG Wen-yan<sup>1</sup>, LIU Xi-yan<sup>1</sup>

(1. College of Life Science, Henan Normal University, Xixiang, Henan 453007; 2. Engineering Technology Research Center of Nursing and Utilization of Genuine Chinese Crude Drugs, University of Henan Province, Xixiang, Henan 453007; 3. Pingdingshan Technology School, Pingdingshan, Henan 467091)

**Abstract:** Taking successive transfer culture of *Rehmannia glutinosa* f. *hueichingensis* (Chan et Seih) Hsiao “85-5” as material, the effect of different concentrations and frequency of PP<sub>333</sub> treatment on the growth, yield and quality of virus-free plantlet of *Rehmannia glutinosa* f. *hueichingensis* (Chan et Seih) Hsiao were studied. The results showed that plant height, leaf area and growth decreased gradually as concentrations and frequency of PP<sub>333</sub> treatment increased. As concentration and frequency of CPPU treatment increased, yield and quality of virus-free plantlet of *Rehmannia glutinosa* f. *hueichingensis* (Chan et Seih) Hsiao increased first then decreased. PP<sub>333</sub> 200 mg/L spring twice was the best concentration of CPPU treatment and spraying frequency, the yield and quality was the best at the same time. The highest yield, content of catalopl and verbascoside were 5 682. 67 kg/667m<sup>2</sup>, 8. 33 mg/g and 0. 55 mg/g respectively.

**Keywords:** *Rehmannia glutinosa* f. *hueichingensis* (Chan et Seih) Hsiao virus-free plantlet; PP<sub>333</sub>; growth and development; yield; quality