

# 环丙酸酰胺对一年生苹果苗木生长与分枝特性的影响

孙怡婷, 刘福云, 马娟娟, 陈 皓, 谢玲玲, 赵彩平\*

(西北农林科技大学园艺学院·国家苹果改良中心杨凌分中心, 陕西杨凌 712100)

**摘要:**【目的】探究环丙酸酰胺(cyclanilide, Cyc)对1年生苹果苗木生长与分枝特性的影响。【方法】以长富2号/M26/八棱海棠、秦脆/M26/八棱海棠、秦脆/M26、秦脆/T337共4种1年生砧穗组合苹果苗木为材料,用0.2 g·L<sup>-1</sup>的Cyc对去顶3 d后的长富2号/M26/八棱海棠进行喷施,对去顶4 d后的秦脆/M26/八棱海棠、秦脆/M26、秦脆/T337进行喷施。在秦脆/M26/八棱海棠中进行Cyc的不同组合处理。待苗木停长后,对所有处理植株进行苗木高度、苗木粗度等5个生理指标的统计分析。【结果】Cyc具有非常好的促分枝作用,并能显著增大长富2号/M26/八棱海棠的分枝角度,对苗木高度和苗木粗度具有一定的抑制作用,对分枝长度没有显著影响。【结论】Cyc在苗圃促分枝中具有良好的发展潜力,研究结果为环丙酸酰胺调控苹果分枝技术方案的开发奠定了基础。

**关键词:** 苹果; 1年生苗木; 环丙酸酰胺(Cyc); 分枝特性

中图分类号: S661.1

文献标志码: A

文章编号: 1009-9980(2021)09-1468-11

## Effects of cyclanilide on growth and branching characteristics of 1-year-old apple plants

SUN Yiting, LIU Fuyun, MA Juanjuan, CHEN Hao, XIE Lingling, ZHAO Caiping\*

(College of Horticulture/Yangling Subsidiary Center Project of the National Apple Improvement Center, Northwest Agriculture & Forestry University, Yangling 712100, Shaanxi, China)

**Abstract:** 【Objective】This study investigated the effects of cyclanilide (Cyc) on growth and branching characteristics of the annual grafted apple plants with different scion-rootstock combinations. 【Methods】In the experiment, one year old apple trees of four scion-rootstock combinations were used including Nagafu No.2/M26/*Malus prunifolia* Borkh., Qincui/M26/*M. prunifolia* Borkh., Qincui/M26 and Qincui/T337. The axillary buds of these plants were sprayed with 0.2 g·L<sup>-1</sup> Cyc added with 1% DMSO for dissolution. Pinching was carried out 3 days before Cyc spraying treatment in Nagafu No.2/M26/*M. prunifolia* Borkh., and spraying 1% DMSO 3 days after pinching was used as the control. The Cyc treatment in Qincui/M26/*M. prunifolia* Borkh., Qincui/M26 and Qincui/T337 was carried out 4 d after pinching (pinching 4 d + treatment). After elongation growth of the plants had stopped, the related morphological indexes such as branching angle, average number of branches, average length of branches, height of the plant and the thickness of the stem were statistically analyzed. In the case of Qincui/M26/*Malus prunifolia* Borkh. Cyc, the different treatments were divided into two main groups including pinching + regulator treatments and non-pinching + regulator treatments. There are 4 pinching + regulator treatments, including NPA spray 4 days after pinching (pinching 4 d + NPA), Cyc spray 4 days after pinching (pinching 4 d + Cyc), 6-BA spray on the day of pinching and Cyc spray 4 days later (pinching + 6-BA 4 d + Cyc), and Cyc spray on the same day of pinching (pinching + Cyc). The concentrations of the regulators used were 0.2 g·L<sup>-1</sup>, 2.9 g·L<sup>-1</sup>, and 1.1 g·L<sup>-1</sup> for Cyc, NPA and 6-BA, respectively, all added with 1% DMSO. Again pinching + 1% DMSO served as the control. The non-pinching treat-

收稿日期: 2021-03-17 接受日期: 2021-05-15

基金项目: 国家现代农业产业技术体系(CARS-27); 国家自然科学基金(31901969)

作者简介: 孙怡婷, 女, 在读硕士研究生, 研究方向为苹果发育生物学。Tel: 17835422544, E-mail: sunyt@nwfufu.edu.cn

\*通信作者 Author for correspondence. E-mail: cpzhao403@163.com

ments included sprays with Cyc, 6-BA, and Cyc+6-BA at the concentrations above mentioned, and added with 1% DMSO. After the plants stopped growing, the relevant morphological indexes such as branch angle, average branch number, average branch length, plant height and stem thickness were recorded.【Results】The results showed that Cyc significantly increased the average branch number and branch angle in Nagafu No.2/M26/*M. prunifolia* Borkh., and that Cyc significantly increased the average branch number but had no significant effect on the branch angle in the other three scion-rootstock combinations. Cyc had no significant effect on the average branch length in Nagafu No.2/M26/*M. prunifolia* Borkh. and the other three scion-rootstock combinations and showed different degrees of inhibition on plant height and stem thickness. Stem thickness in Qincui/M26/*M. prunifolia* Borkh. was most significantly inhibited. In Qincui/M26/*M. prunifolia* Borkh., the treatments of pinching 4 d + Cyc and pinching+6-BA 4 d + Cyc, pinching + Cyc increased the average number of branches compared with the control and pinching 4 d + NPA, but the plant height and stem thickness were reduced at different degrees, and their influence on average branch length and branch angle was not significant. The mean effective branches length in pinching + Cyc was the lowest and significantly lower than the control. The comprehensive performance of pinching 4 d + Cyc was the best. In the non-pinching treatments in Qincui/M26/*M. prunifolia* (wild) Borkh., the inhibitory effect of Cyc treatment on plant height was stronger than that of 6-BA. The average branch number, average effective branch number and average effective branch rate of the plants treated with Cyc and Cyc+6-BA were significantly higher than those treated by 6-BA. There was no significant difference in stem thickness, branch angle and branch length among the treatments. Comparatively, Cyc had the best overall performance.【Conclusion】Cyc is effective to promote branching and increase the branching angle in Nagafu No.2/M26/*M. prunifolia* Borkh., and has a potential application in nurseries. Moreover, Cyc has an inhibitory effect on stem thickening and shoot elongation. These results provide valuable reference for the application of Cyc in regulation of apple branches.

**Key words:** Apple; 1 year old stock; Cyclanilide (Cyc); Branching characteristics

随着世界苹果产业的发展,矮化密植栽培模式已成为主流方向。目前,国内外更倾向于采用优质苗木建园以达到早产、丰产、优质的目的,而如何培育优质苗是近些年国内外研究的重点。苗木具有较大的分枝数目、分枝长度和分枝角度等,都为较早地形成生产所需要的树形提供了更有利的条件<sup>[1-2]</sup>。大量研究表明,采用具有良好分枝的苗木建园比采用无分枝的单干苗木建园短期内产生的产量和经济效益高<sup>[3-4]</sup>。当前,国内生产中主要做法是建园后采用人工短截、刻芽、摘心等促分枝的方法。随着现代农业技术的发展,建园后采用人工促分枝的不足之处随及凸显,如结果晚、费时、费力、劳动力成本较高等,因此,更先进的化学促分枝技术被研究和开发,使得圃内促分枝与初整形技术更加集约高效。

化学促分枝技术的研究开始于20世纪70年代,经过长期对药剂类型、使用浓度、作用部位、时间、副

作用及品种间使用效果差异等方面的摸索,相关技术正在不断成熟和完善。朱慧香等<sup>[5]</sup>很早发现,在苹果幼树和高接苹果树上使用6-苄氨基嘌呤(6-BA)可以促进生长较弱的羽状枝的产生,促分枝的稳定性显著强于人工摘心。Ono等<sup>[6]</sup>研究发现,6-BA的促分枝效果与喷施次数呈正比。Li等<sup>[7]</sup>在诱导富士苹果成花前喷洒6-BA也发现相似结果,促分枝效果非常显著,同时也发现6-BA处理改变了枝条的类型,分枝分布比较杂散。目前,以6-BA为有效成分的商品试剂如发枝素、普洛马林(有效成分为6-BA+赤霉素(GA<sub>4+7</sub>))、KT-30、抽枝宝等,均具有显著的促分枝作用,可以增大分枝角度,因此生产上用于苗圃整形和特定部位幼树骨干枝促发等,其中,作为液体可进行喷施处理的普洛马林逐渐成为苗圃促分枝作业的主要选择<sup>[8-11]</sup>。张庆伟等<sup>[12]</sup>在对长富2号/M26/八棱海棠喷施6-BA与6-BA+GA<sub>4+7</sub>的研究中发

现,6-BA+GA<sub>4+7</sub>混合喷施对苗木的促分枝效果更好。宣景宏等<sup>[13]</sup>对1年生寒富/GM256/山定子进行不同质量浓度普洛马林处理,发现普洛马林具有显著的促分枝作用,且显著增大分枝角度,吕天星等<sup>[14]</sup>和麻珊珊等<sup>[15]</sup>的研究结果与之相似。孙淑敏等<sup>[9]</sup>在长富2号/T337/圆叶海棠上喷施普洛马林(1000 mL·kg<sup>-1</sup>)、KT-30(100 mg·kg<sup>-1</sup>)以及涂抹抽枝宝等发现,普洛马林处理苗木的株高度、茎粗度、有效分枝数等效果优于另外2种,在2年生的不同砧穗组合苗木中也获得了相同结果<sup>[16]</sup>。生产中喷施普洛马林与摘心(摘掉中心干顶端尚未木质化部分的幼叶叶片并保留叶柄)共同处理的效果更好,比较适宜实际生产的应用。与6-BA具有相似作用的生长调节剂环丙酰胺(cyclanilide, Cyc)也被报道可参与芸豆侧枝调控过程以及具有促进苹果侧芽萌发的作用。Cyc可促进5年生苹果树上的较老枝条产生新的短枝,但其主要在苗圃中诱导侧枝的萌发<sup>[17-18]</sup>。Leo等<sup>[19]</sup>在1年生嘎拉苹果的4种砧穗组合侧枝诱导试验中发现,Cyc+乙炔利处理的植株具有较多的分枝数量和较大的分枝角度,并且与6-BA相比,Cyc诱导的分枝角度更大,这与Sazo等<sup>[20]</sup>研究结果类似。Cyc在苹果苗圃中诱导侧枝具有广阔的应用前景,但是对不同砧穗组合的适用性及对植株生长和分枝的各种指标的影响目前探讨仍然较少。笔者以1年生长富2号和秦脆砧穗组合苹果苗木为材料,研究Cyc对其苗木高度、苗木粗度、分枝数、分枝长度、分枝角度等生长和分枝特性的影响,为开发基于Cyc处理的苹果苗木分枝调控技术奠定基础。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验设计与处理

试验在陕西省乾县果友协会综合试验站(34°53' N, 108°24' E, 以下简称乾县试验站)以及陕西省扶风县段家村苗圃(34°27' N, 108°62' E, 以下简称扶风苗圃)进行。乾县试验站供试材料为秦脆/M26/八棱海棠、秦脆/M26和秦脆/T337,品种嫁接统一于2018年秋季进行,水肥一体化,常规管理。扶风苗圃供试材料为长富2号/M26/八棱海棠,品种嫁接于2018年秋季进行,水肥充足,人工灌溉,常规管理。

苗木高度70 cm以上自然分枝基本停止,本试验于2019年6月统一对供试材料先进行去顶处理(掐掉整个生长点),促进腋芽萌发,再进行药剂喷施

(本试验中药剂喷施时,腋芽尚处于未萌发状态)。试验主要用药剂及其质量浓度分别为0.2 g·L<sup>-1</sup> Cyc(购买于湖北恒绿源化工有限公司,纯度为98%)、1.1 g·L<sup>-1</sup> 6-苄氨基嘌呤(6-BA,购买于杨凌鑫方生物化学玻璃仪器供应站,纯度97%)、2.9 g·L<sup>-1</sup>生长素转运抑制剂(N-(1-Naphthyl) phthalamic acid, NPA,购买于思成化工有限公司,纯度为97%)。6-BA、NPA的药剂质量浓度参考Li等<sup>[21]</sup>研究成果,药剂均加入1%( $\varphi$ )二甲亚砜(dimethyl sulfoxide, DMSO,以下简称1% DMSO)进行辅助溶解,以去顶+1% DMSO作为空白对照。

2019年6月17日在扶风苗圃,对株高130 cm的长富2号/M26/八棱海棠进行去顶处理,3 d后对植株进行Cyc喷施处理,以喷施1% DMSO作为对照。选取长势一致的植株,每处理随机选取20株为1小区,3次重复。

2019年6月18日在乾县试验站,对株高为90~110 cm的秦脆3种砧穗组合进行去顶处理,4 d后对3种砧穗组合植株进行Cyc喷施处理,以去顶+1% DMSO为对照。同时,选取秦脆/M26/八棱海棠进行Cyc不同处理组合喷施处理,所用药剂有Cyc、NPA、6-BA,同样以去顶+1% DMSO为对照。

此外,选取秦脆/M26/八棱海棠进行Cyc、6-BA和Cyc+6-BA处理,Cyc和6-BA按照体积比1:1混合。每种处理随机选取10株为1小区,3次重复。以上详细处理组合见表1。

以上所有去顶处理均采用相同的喷施方法,即

表1 不同砧穗组合和处理  
Table 1 Different scion-rootstock combinations and treatment

处理 Treatments	秦脆/M26/八棱海棠 Qincui/M26/ <i>Malus prunifolia</i> (wild.)Borkh	秦脆/M26 Qincui/M26	秦脆/T337 Qincui/T337
去顶+1% DMSO Pinching+1% DMSO	√	√	√
去顶4 d+Cyc Pinching 4 d+Cyc	√	√	√
去顶+6-BA 4 d+Cyc Pinching+6-BA+Cyc	√		
去顶4 d+NPA Pinching 4 d+NPA	√		
6-BA	√		
Cyc	√		
去顶+Cyc Pinching+Cyc	√		
6-BA+Cyc	√		

注:表中“√”表示进行相应处理。

Note: “√” in the table indicates corresponding treatment.

用500 mL喷壶对去顶后的植株从中心干顶端(不包含新的生长点)向下依次喷施10个节位的腋芽,并标记;不去顶的3种处理从新梢顶端(不包含生长点)开始向下依次喷施10个节位的腋芽,喷至腋芽浸湿即可。试验期间所有药剂都只喷施1次。

## 1.2 测定指标与方法

2019年6月20日开始(0 d),对扶风苗圃长富2号/M26/八棱海棠分别于0、29、39、80、110 d进行苗木高度的统计。苗木高度即地面到苗木顶端的距离,用1 m长木尺进行测量。在110 d时即2019年10月7日苗木几乎停长时进行苗木粗度、分枝数、分枝角度、平均有效分枝长度的统计。苗木粗度为品种接穗嫁接口以上10 cm处的粗度,用游标卡尺进行测量;分枝数为处理范围内(10个腋芽)的分枝数目;分枝角度即分枝与中心干形成的夹角,用电子量角器进行测量,由于对照(去顶+1% DMSO处理)产生的分枝为1~2个,因此只统计中心干顶端(不包含新的生长点)以下的2个节位的分枝角度;平均有效分枝长度即分枝基部到顶端的距离( $\geq 15$  cm),用50 cm长直尺进行测量。

2019年6月22日开始(0 d)对秦脆3种处理组合分别于0、10、20、40、90 d进行苗木高度的统计,统计方法同上。在90 d(2019年9月22日)苗木几乎停长时进行苗木粗度、分枝数、平均有效分枝长度的统计,统计方法同上。分枝角度的统计范围为新梢顶端(不包含顶端)以下5个节位的分枝。

## 1.3 数据处理

试验数据及图片采用Excel、SPSS、Adobe Photoshop CC 2020、Origin 2017等软件分别进行数据统计、显著性分析( $p < 0.05$ )与图表制作。

## 2 结果与分析

### 2.1 Cyc对不同砧穗组合生长特性的影响

**2.1.1 Cyc对长富2号/M26/八棱海棠苗木高度和苗木粗度的影响** 对照处理与Cyc处理的苗木高度变化都呈现先快后慢的趋势,其中80 d前植株生长较快,80 d后植株生长减缓几乎停长,最终苗木高度均在160 cm以上(图1-A),Cyc处理对苗木高度有抑制作用,对苗木粗度无显著影响(图1-B)。

**2.1.2 Cyc对秦脆3种砧穗组合苗木高度与苗木粗度的影响** 对照处理与Cyc处理的苗木高度变化趋势基本一致,Cyc对秦脆3种砧穗组合苗木高度的影

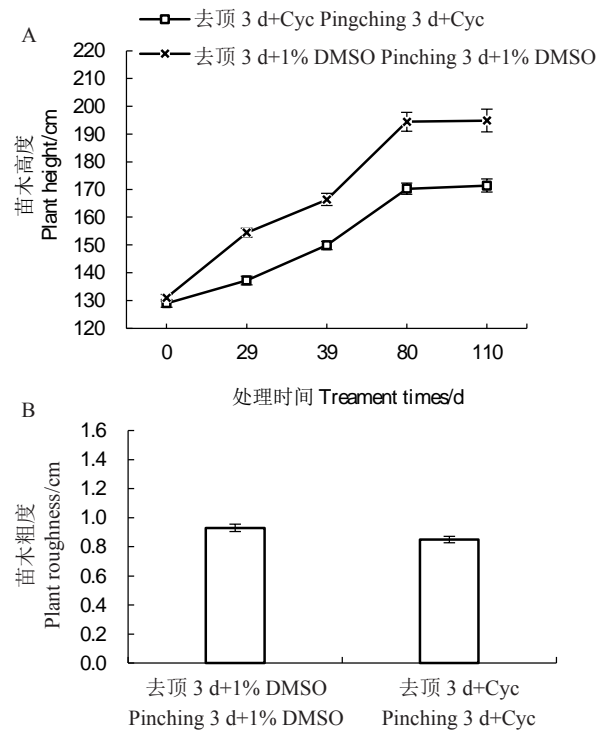


图1 Cyc对长富2号/M26/八棱海棠苗木高度和苗木粗度的影响

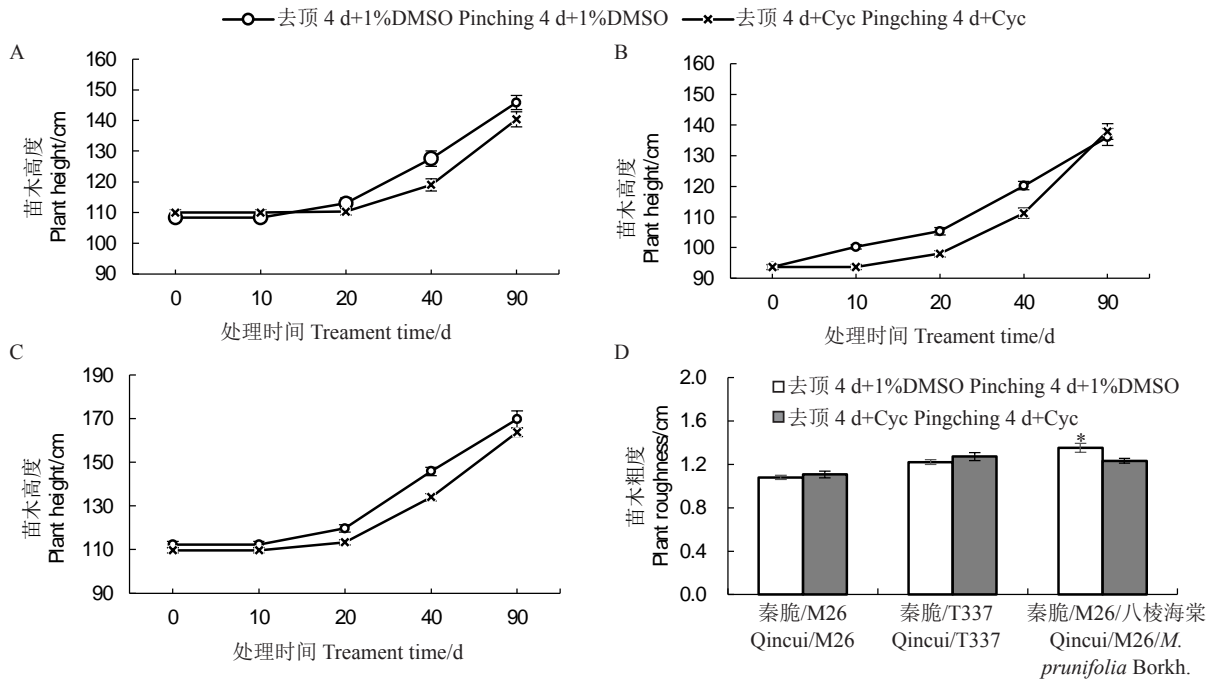
Fig. 1 Effects of Cyc on seedling height and seedling thickness of Nagafu No.2/M26/ *Malus prunifolia* Borkh.

响差异较大,其中秦脆/T337最终苗木高度 $< 140$  cm,秦脆/M26最终苗木高度 $< 150$  cm,而秦脆/M26/八棱海棠的最终苗木高度均 $> 160$  cm,秦脆/M26/八棱海棠苗木高度更适宜生产(图2-A~C)。Cyc显著抑制秦脆/M26/八棱海棠的苗木粗度,对其他2种砧穗组合无影响(图2-D)。

### 2.2 Cyc对不同砧穗组合分枝特性的影响

**2.2.1 Cyc对长富2号/M26/八棱海棠分枝特性的影响** 经过Cyc处理的腋芽萌发较晚,生长相对缓慢,但分枝数显著多于对照(图3-A)。由于去顶3 d+1% DMSO处理几乎没有分枝(图3-B),因此,结果只统计Cyc处理的分枝情况,处理范围内(10个腋芽)平均分枝数超过8个。此外,Cyc还显著增大了长富2号/M26/八棱海棠的分枝角度(图3-C)。

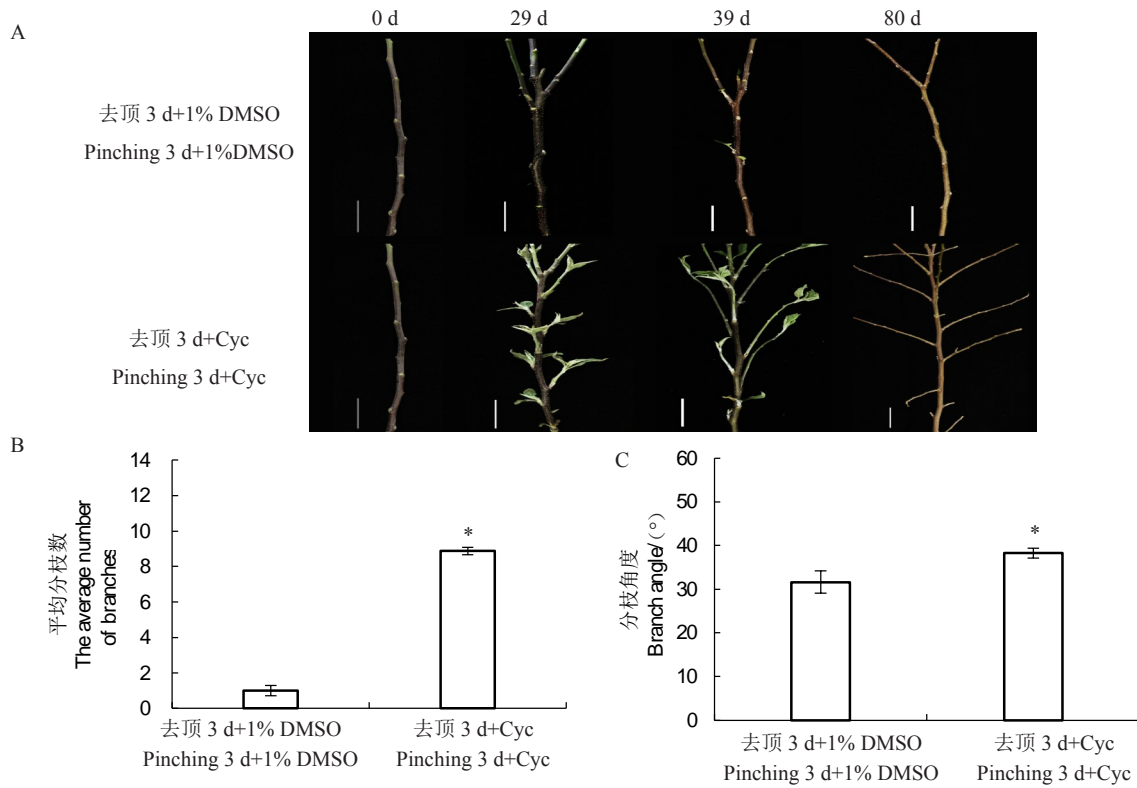
**2.2.2 Cyc对秦脆3种砧穗组合分枝特性的影响** 与长富2号/M26/八棱海棠的结果相似,Cyc处理后的苗木侧枝萌发较晚,生长相对缓慢,但分枝数显著多于对照,且Cyc处理后苗木的平均分枝数显著多于对照,平均有效分枝率差异不显著(图4-A~C);同时Cyc显著地增大了秦脆/M26的分枝角度,但对其他2种组合分枝角度没有显著影响(图4-D),



A~C 分别是秦脆/M26、秦脆/T337 和秦脆/M26/八棱海棠的苗木高度。柱状图中的差异显著水平为  $p < 0.05$ 。下同。  
 A-C shows the plant height of Qincui / M26, Qincui / T337 and Qincui / M26 / *Malus prunifolia* Borkh. In the histogram, the significant level of difference was  $p < 0.05$ . The same below.

图 2 Cyc 对秦脆 3 种砧穗组合苗木高度和苗木粗度的影响

Fig. 2 Effects of Cyc on seedling height and seedling thickness in Qincui grafted on three rootstock

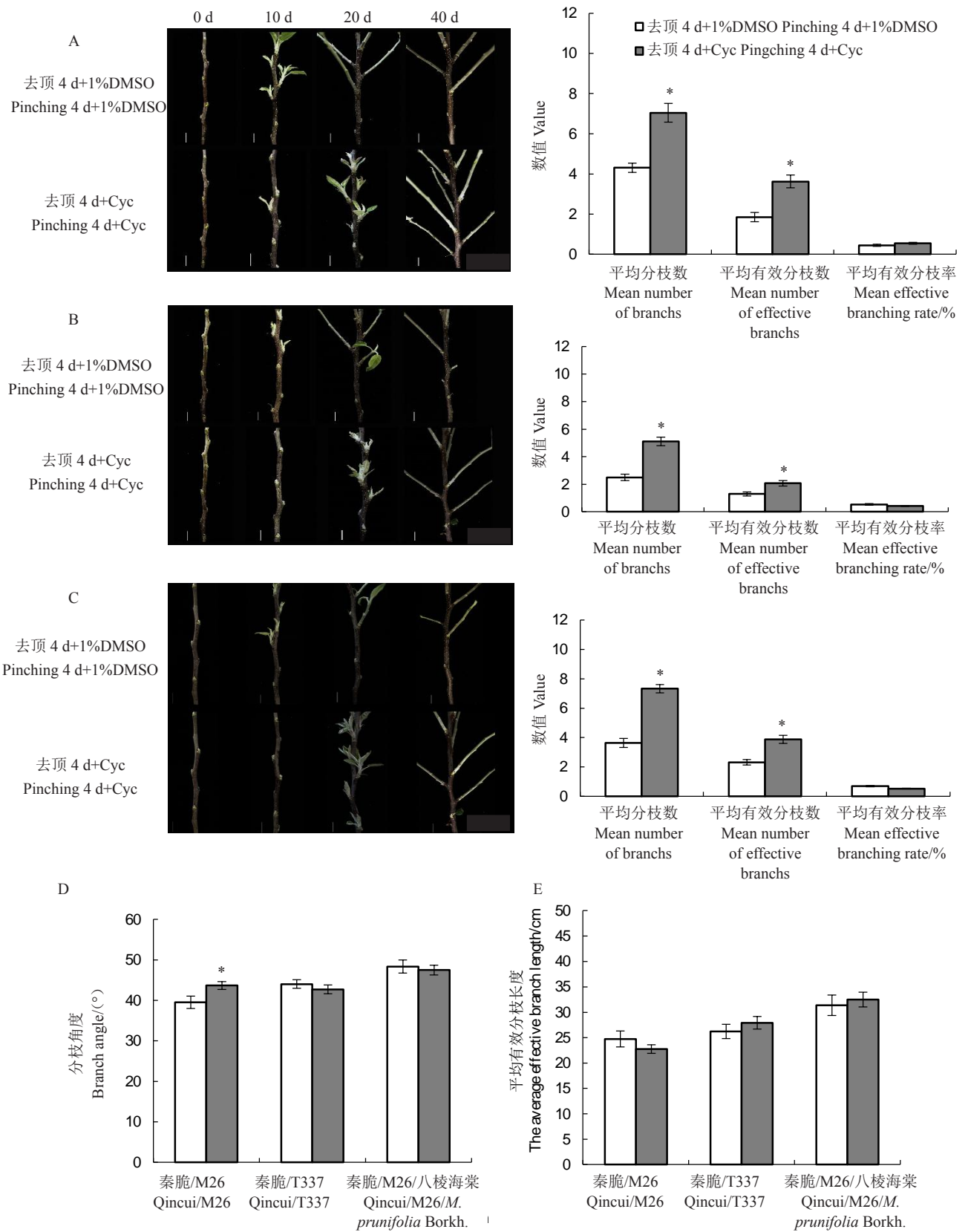


A 图的表型图中比例尺=5 cm。

The scale 1=5 cm in the phenotypic figure of Figure A.

图 3 Cyc 对长富 2 号/M26/八棱海棠分枝特性的影响

Fig. 3 Effects of Cyc on branching characteristics of Nagafu No.2/M26/*M. prunifolia* Borkh.



A-C 分别表示秦脆/T337、秦脆/M26、秦脆/M26/八棱海棠的相关指标;比例尺=5 cm。

A-C shows the relevant indicators of Qincui/T337, Qincui/M26 and Qincui/M26/*M. prunifolia* Borkh. respectively; Scale = 5 cm.

图4 Cyc对秦脆3种砧穗组合分枝特性的影响

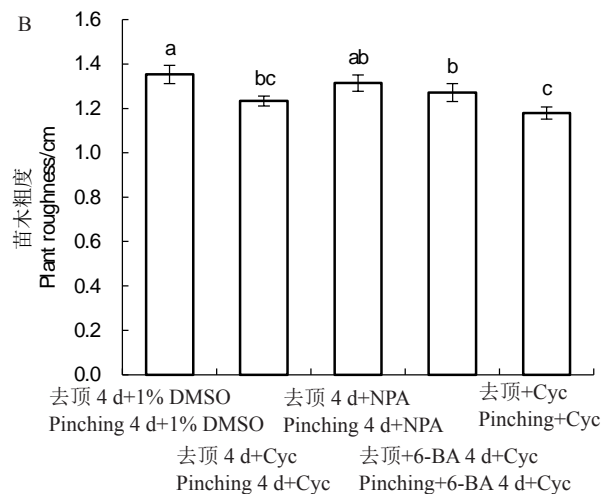
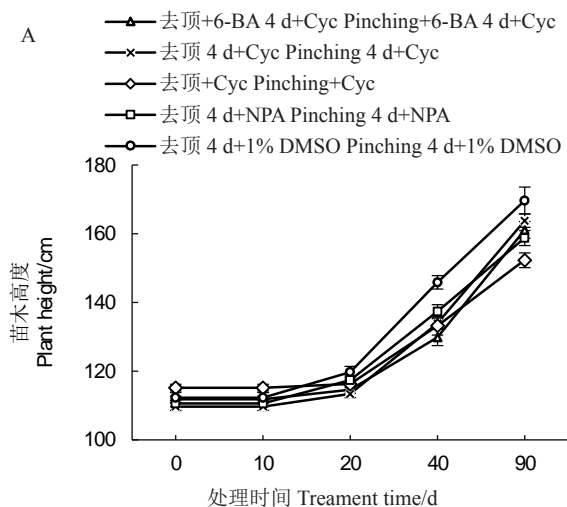
Fig. 4 Effects of Cyc on branching characteristics in Qincui grafted on three rootstock

对3种砧穗组合的平均分枝长度也无显著影响(图4-E)。

### 2.3 C<sub>yc</sub>不同处理组合对秦脆/M26/八棱海棠生长与分枝状况的影响

预试验发现C<sub>yc</sub>在秦脆/M26/八棱海棠中的效果比较突出,且该砧穗组合苗木生长健壮,因此,本试验同时期采用不同C<sub>yc</sub>组合对秦脆/M26/八棱海棠进行处理,进一步验证C<sub>yc</sub>的作用效果。

#### 2.3.1 C<sub>yc</sub>不同处理组合对秦脆/M26/八棱海棠苗



柱状图中差异显著性水平为  $p < 0.05$ 。下同

In the histogram, the significant level of difference was  $p < 0.05$ . The same below.

图5 C<sub>yc</sub>不同处理组合对秦脆/M26/八棱海棠苗木高度与苗木粗度的影响

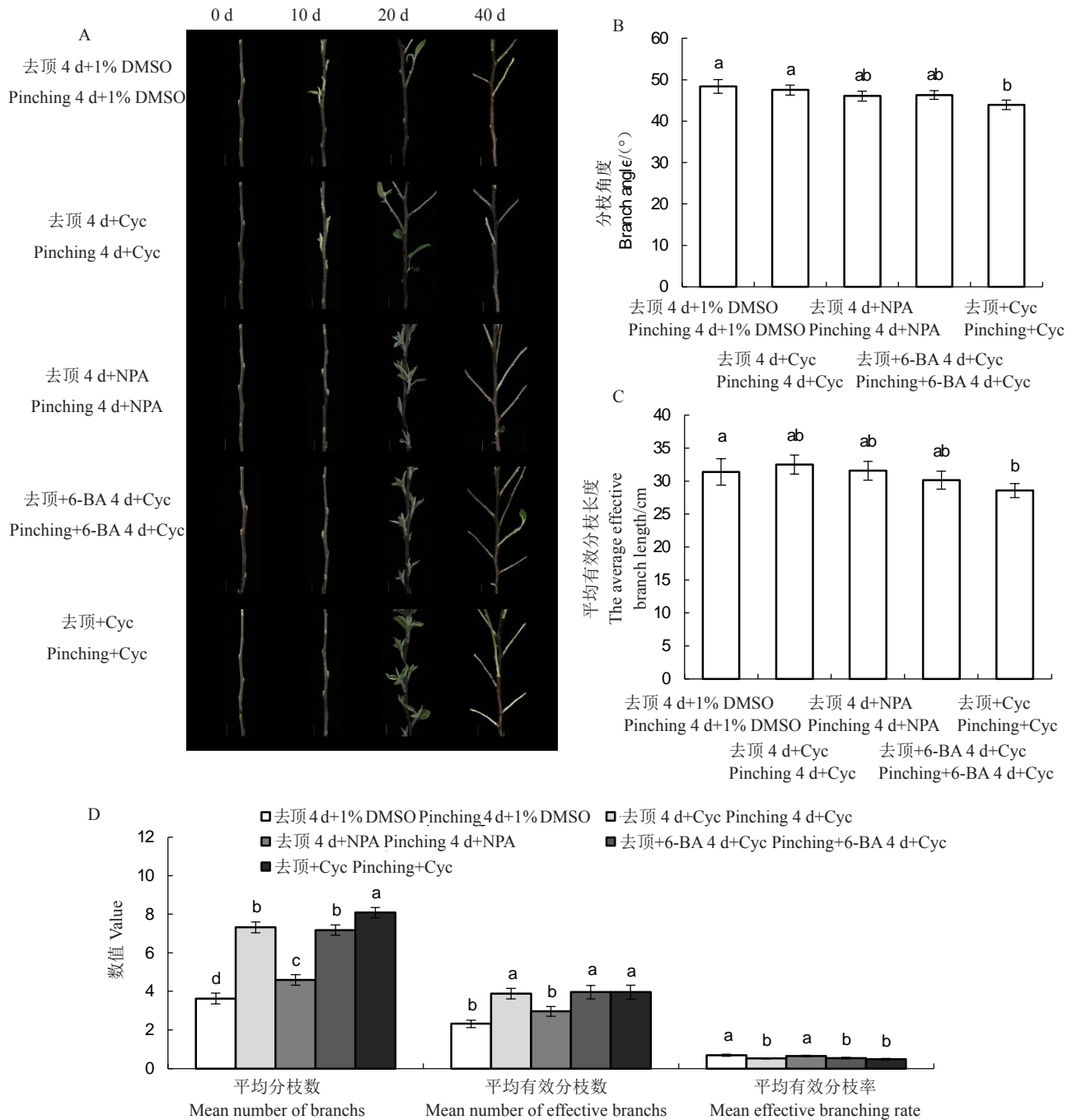
Fig. 5 Effects of different treatment combinations with C<sub>yc</sub> on seedling height and seedling thickness in Qincui/M26/*M. prunifolia* Borkh.

2.3.2 C<sub>yc</sub>不同去顶处理组合对秦脆/M26/八棱海棠分枝特性的影响 含有C<sub>yc</sub>处理的苗木侧枝萌发较晚,生长相对缓慢,但分枝数显著多于去顶4 d+1% DMSO和去顶4 d+NPA处理(图6-A)。去顶+C<sub>yc</sub>处理的苗木分枝角度显著低于对照及其他处理,而去顶4 d+C<sub>yc</sub>和去顶+6-BA 4 d+C<sub>yc</sub>处理对苗木的分枝角度则无显著影响(图6-B)。几种处理组合中,去顶4 d+C<sub>yc</sub>处理苗木的平均有效分枝长度达到最大,而去顶+C<sub>yc</sub>处理的平均有效分枝长度显著小于对照及其他处理(图6-C)。含C<sub>yc</sub>处理的苗木平均分枝数和平均有效分枝数都显著大于去顶4 d+1% DMSO和去顶4 d+NPA处理,但平均有效分枝率显著降低(图6-D),综合表现以去顶4d+C<sub>yc</sub>为最优。

木高度与苗木粗度的影响 含有C<sub>yc</sub>处理的苗木高度与对照去顶4 d+1%DMSO和去顶4 d+NPA处理的苗木高度变化趋势一致,去顶4 d+1%DMSO处理的苗木高度最高达到170 cm,去顶+C<sub>yc</sub>处理的苗木高度最低,为150 cm,其余几种处理的苗木高度处于二者之间(图5-A)。去顶4 d+C<sub>yc</sub>、去顶+6-BA 4 d+C<sub>yc</sub>和去顶+C<sub>yc</sub>处理下的苗木粗度显著小于去顶4 d+1%DMSO对照,而去顶4 d+NPA对苗木粗度影响较小(图5-B)。

2.3.3 秦脆/M26/八棱海棠中C<sub>yc</sub>与6-BA的效果比较 10~20 d,6-BA处理的苗木高度增长速率较快,而20~40 d,C<sub>yc</sub>与6-BA+C<sub>yc</sub>2种处理的苗木高度增长速率则要快于6-BA,40 d之后C<sub>yc</sub>的苗木高度增长速率变慢,3种处理的苗木最终高度均在160 cm以上,其中,6-BA处理的苗木高度最高达175 cm,C<sub>yc</sub>处理次之,C<sub>yc</sub>+6-BA处理最低。不同时期,苗木高度整体趋势表现为6-BA处理>C<sub>yc</sub>处理>C<sub>yc</sub>+6-BA处理(图7-A)。3种处理对苗木粗度的影响差异不显著(图7-B)。

6-BA、C<sub>yc</sub>+6-BA、C<sub>yc</sub>这3种处理的分枝增长速度依次减缓(图8-A),C<sub>yc</sub>与C<sub>yc</sub>+6-BA处理的平均有效分枝数显著高于6-BA处理;C<sub>yc</sub>+6-BA处理的平均有效分枝率显著高于其余2种处理,C<sub>yc</sub>处理



A 图的表现图中比例尺为 5 cm。

The scale=5 cm in the phenotypic figure of Figure A.

图 6 Cyc 不同去顶处理组合对秦脆/M26/八棱海棠分枝情况的影响

Fig. 6 Effects of different pinching treatment combinations with Cyc on branching characteristics in Qincui/M26/M. prunifolia Borkh.

次之,6-BA 处理最低;Cyc 处理的平均分枝数显著高于其余 2 种处理,Cyc+6-BA 处理次之,6-BA 处理最少(图 8-B)。3 种处理中,分枝角度与平均有效分枝长度均无显著差异(图 8-C、图 8-D)。综合结果来看,Cyc 处理的效果较为理想。

### 3 讨论

本试验结果表明,Cyc 处理对不同品种不同砧穗组合植株的苗木高度与苗木粗度有不同程度的抑制作用。除秦脆/T337 苗木高度大于对照外,其余 3



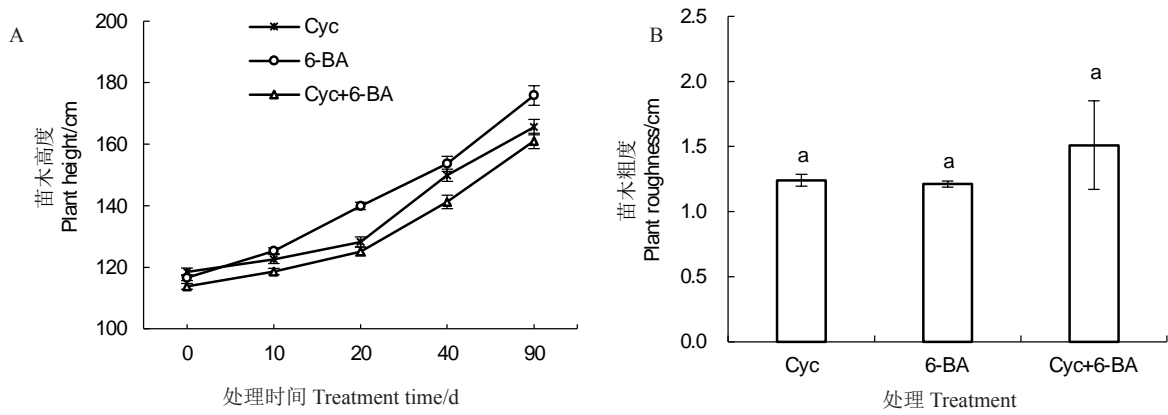


图 7 Cyc 不同处理组合对秦脆/M26/八棱海棠苗木高度与苗木粗度的影响

Fig. 7 Effects of different treatment combinations with Cyc on seedling height and seedling thickness in Qincui/M26/*M. prunifolia* Borkh.

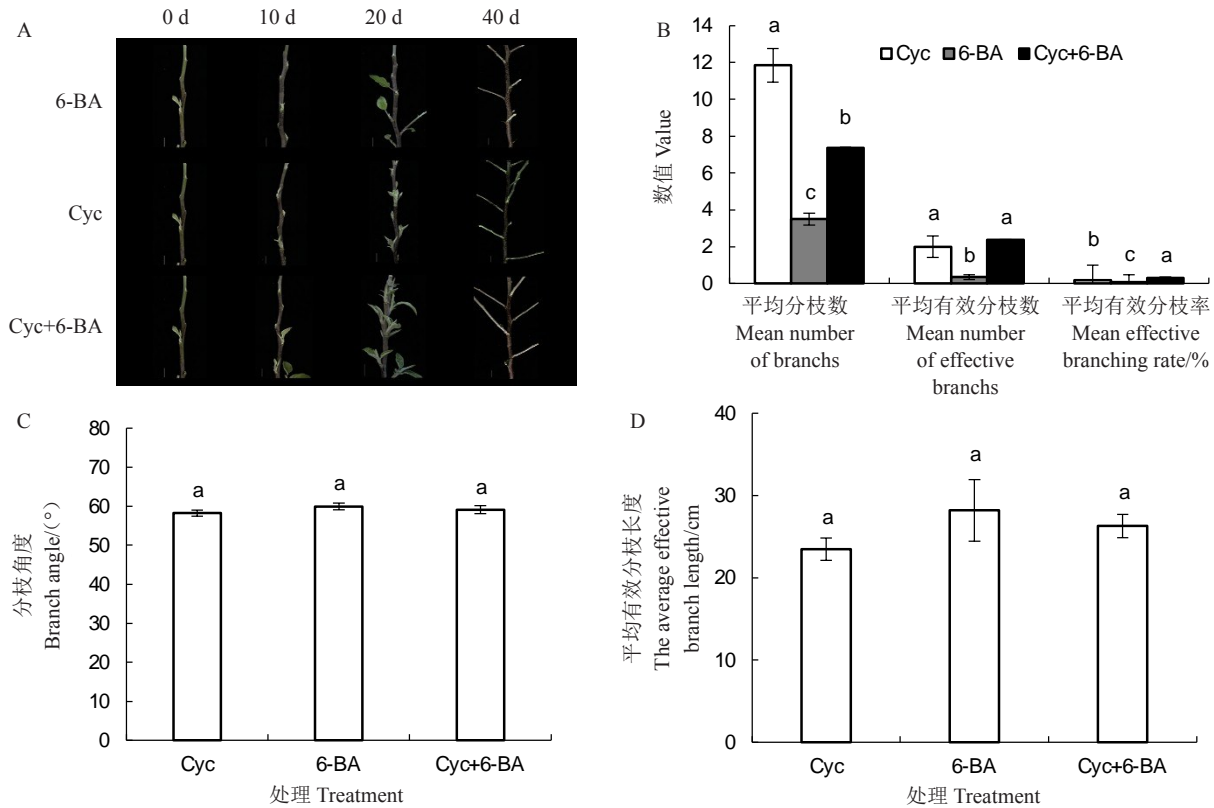


图 A 中的比例尺为 2 cm。The scale = 2 cm in Figure A.

图 8 Cyc 不同处理组合对秦脆/M26/八棱海棠分枝情况的影响

Fig. 8 Effects of different treatment combinations with Cyc on branching characteristics in Qincui/M26/*M. prunifolia* Borkh.

个砧穗组合的苗木高度均受到一定抑制。Palmer 等<sup>[22]</sup>曾报道过在梨树中 GA<sub>4+7</sub> 处理可增加树高,但单独喷施 6-BA 则对树高有显著的抑制作用,6-BA 与 GA<sub>4+7</sub> 的比率与对树高的抑制作用成正比。Cyc 也有类似的作用,且由于自根砧苗木高度不及中间砧,试验中秦脆/T337 和秦脆/M26 均受到了较严重的抑制,最终苗木高度都小于 160 cm,尤其是 T337 砧木

本身矮化作用非常强,经过 Cyc 处理苗木高度比秦脆/M26 更低,因此 Cyc 的施用与苗木高度具有一定的相关性。在本试验中由于开始的去顶,可能会对苗木高度先造成一些影响,再使用 Cyc 对苗木高度的抑制作用就更加显著,尤其是去顶+Cyc 处理的苗木高度最低,虽然分枝数较多,但苗木整体质量较差。此外,比较 Cyc 处理的 4 种砧穗组合结果发现,

Cyc 除了对秦脆/M26/八棱海棠苗木粗度有显著抑制作用外,对其他3种砧穗组合没有影响。

Cyc 对不同品种不同砧穗组合苗木的促分枝作用效果非常显著。宣景宏等<sup>[13]</sup>对寒富苹果主干70 cm处短截后喷施不同质量浓度的普洛马林,发现500 mg·L<sup>-1</sup>普洛马林促处理的平均分枝达到15.8个,其他处理均为10个以上,1000 mg·L<sup>-1</sup>普洛马林处理的长枝数量与分枝角度显著大于其他几种处理和对照,对苗木粗度、苗木高度、分枝长度与粗度并无影响;孙淑敏等<sup>[9]</sup>对长富2号/T337/圆叶海棠不做短截处理,在苗木高度达到90 cm时,对70 cm处新梢进行1000 mg·L<sup>-1</sup>的普洛马林处理,发现普洛马林处理的苗木分枝长度、分枝粗度、分枝数都显著高于对照,对分枝角度无影响。吕天星等<sup>[14]</sup>研究发现剪除幼叶与2000 mg·L<sup>-1</sup>普洛马林共同处理岳艳/平邑甜茶能显著促进苗木分枝。路超等<sup>[23]</sup>研究发现,800 mg·L<sup>-1</sup>普洛马林对3年生烟富3/M26/八棱海棠主干具有显著的促分枝作用,平均分枝数可达23条,但平均分枝长度和发枝率没有单独喷施6-BA高,这与麻珊珊等<sup>[15]</sup>研究结果类似。在秦脆的3种砧穗组合中,Cyc 对其平均分枝长度都无影响,其中平均分枝长度秦脆/M26/八棱海棠>秦脆/T337>秦脆/M26,但都显著提高了苗木的平均分枝数与平均有效分枝数。本试验结果还表明,Cyc 处理的秦脆3种砧穗组合分枝角度没有显著变化,而长富2号/M26/八棱海棠的分枝角度显著增大,Cyc 增大分枝角度的作用可能与品种、砧木的不同组合有关,仍需进一步探索。比较秦脆/M26/八棱海棠的5个去顶组合处理结果发现,含有Cyc 的去顶4 d+Cyc、去顶+6-BA 4 d+Cyc 2种处理对苗木的分枝角度与平均有效分枝长度无显著影响,但平均分枝数显著大于其他处理组合;而去顶+Cyc 处理的苗木虽然也具有较多的分枝,但其对分枝角度和平均有效分枝长度具有抑制作用,因此生产上不宜使用该方法;有趣的是去顶4 d+NPA 并没有增大分枝数的效果,有研究发现Cyc 在调节暗红色芸豆(*Phaseolus vulgaris*)的叶片脱落中与NPA具有相似的作用,且能在植株体内检测到相似的活性变化,因此Cyc 被认为可作为生长素转运抑制剂使用<sup>[18]</sup>,但Cyc 却可以促进分枝萌发,故Cyc 与NPA在植物体内的作用机制是有差异的。

在Cyc 与6-BA对秦脆/M26/八棱海棠的促分枝效果对比试验中,Cyc 处理苗木的平均分枝长度低

于6-BA处理,但平均分枝数、平均有效分枝率均显著高于6-BA处理,分枝角度没有差异,与前人的研究结果类似。Holland等<sup>[24]</sup>研究Cyc 处理前的不同修剪是否会影响植株对Cyc 的响应,结果表明,无论哪个质量浓度的Cyc 处理后的30~60 d,未修剪的Cyc 处理的植物比修剪的Cyc 处理的植物形成了更多的枝条。Farris等<sup>[25]</sup>认为Cyc 具有细胞分裂素的特性,在几种观赏植物中进行Cyc、6-BA以及Cyc+6-BA的处理,探究其是否具有协同作用,结果发现叶面喷施0.1 g·L<sup>-1</sup>或0.2 g·L<sup>-1</sup>的Cyc 能促进所有物种的新梢发育。本研究经过前期的预试验发现,0.2 g·L<sup>-1</sup>的Cyc 对分枝具有更好的效果,因此选用0.2 g·L<sup>-1</sup>的Cyc 作为处理质量浓度进行试验。同时该试验还发现,2.5 g·L<sup>-1</sup>的6-BA 要么没有效果,要么抑制新梢发育,只有在个别处理植株中,冬青的新梢发育得到促进,说明了6-BA 促分枝效果有一定的不稳定性。由国外引进的普洛马林在苹果苗圃的整形中虽然整体效果更好但成本较高,所以国内苹果苗圃生产中更多使用有效成分以6-BA 为主的促分枝药剂,而Cyc 的价格较低,单独喷施的分枝效果远远好于6-BA,因此开发Cyc 为主的促分枝药剂有望取而代之。上述研究还提到,印度山楂和冬青对Cyc、6-BA 和Cyc+6-BA 组合产生了短暂的毒性症状,这些症状在生长季节结束时消失,对植物质量没有持久的影响,本试验处理过程中也遇到类似的轻微毒害问题,但该过程是可逆的,对作物后续生长影响较小。

## 4 结 论

Cyc 处理方法简单,促分枝效果显著优于6-BA,且促分枝效果较为稳定。此外Cyc 具有抑制苗木高度的作用,尤其对自根砧苗木抑制作用强于中间砧,因此苹果苗木生产中应用Cyc 进行促分枝时,宜选用高度适宜的自根砧木或生长健壮的苗木,苗木高度宜在130 cm以上。

## 参考文献 References:

- [1] BANGERTH F, LI C J, GRUBER J. Mutual interaction of auxin and cytokinins in regulating correlative dominance[J]. *Plant Growth Regulation*, 2000, 32(2/3): 205-217.
- [2] HROTKÓ K, MAGYAR L, BUBÁN T. Improved feathering by benzyladenine application on one-year-old 'Idared' apple trees in the nursery[J]. *Acta Horticulturae*, 1997, 451(80): 673-678.
- [3] OOSTEN H J V. Effect of initial tree quality on yield[J]. *Acta Horticulturae*, 1978, 65(19): 123-128.
- [4] BUBÁN T. The use of benzyladenine in orchard fruit growing; a

- mini review[J]. *Plant Growth Regulation*, 2000, 32(2/3): 381-390.
- [5] 朱慧香, 陈虎保. 日本应用 6-苄基腺嘌呤对苹果生枝的情况[J]. *落叶果树*, 1988(4): 48.  
ZHU Huixiang, CHEN Hubao. Effects of 6-benzyladenine on apple shoots in Japan[J]. *Deciduous Fruits Tree*, 1988(4): 48.
- [6] ONO T, TAMAI H, MAEJIMA T, USUDA A, KOIKE H, OHARA H. Effects of repeated benzyladenine spraying on branch development of apple nursery trees on M.9 rootstocks[J]. *Horticultural Research(Japan)*, 2005, 4(2): 165-170.
- [7] LI Y M, ZHANG D, XING L B, ZHANG S W, ZHAO C P, HAN M Y. Effect of exogenous 6-benzylaminopurine (6-BA) on branch type, floral induction and initiation, and related gene expression in 'Fuji' apple (*Malus domestica* Borkh.) [J]. *Plant Growth Regulation*, 2016, 79(1): 65-70.
- [8] 孟云, 马少锋, 邵建柱, 孙建设, 马宝焜, 王红宁. 喷施 6-BA 对 '天红 2 号' 苹果苗腋芽萌发及其内源激素的影响[J]. *园艺学报*, 2012, 39(5): 837-844.  
MENG Yun, MA Shaofeng, SHAO Jianzhu, SUN Jianshe, MA Baokun, WANG Hongning. Effects of spraying 6-BA on axillary bud germination and endogenous hormones of 'Tianhong 2' apple seedlings[J]. *Acta Horticulturae Sinica*, 2012, 39(5): 837-844.
- [9] 孙淑敏, 霍强强, 李高潮, 曹珊. 不同植物生长调节剂对苹果苗木分枝及生长特性的影响[J]. *西北农林科技大学学报(自然科学版)*, 2018, 46(5): 125-130.  
SUN Shumin, HUO Qiangqiang, LI Gaochao, CAO Shan. Effects of different plant growth regulators on branching and growth characteristics of apple seedlings[J]. *Journal of Northwest Agricultural and Forestry University (Natural Science Edition)*, 2018, 46(5): 125-130.
- [10] 曾骧, 孟昭清, 刘国杰, 马骥, 傅军. 发枝素在苹果幼树上的应用[J]. *落叶果树*, 1987(4): 1-2.  
ZENG Xiang, MENG Zhaoqing, LIU Guojie, MA Ji, FU Jun. Application of hairpin on young apple trees[J]. *Deciduous Fruit Tree*, 1987(4): 1-2.
- [11] 孟昭清, 刘国杰, 李建华, 曾骧, 李绍华. 发枝素对苹果苗木生长及圃内整形作用试验[J]. *中国果树*, 1996(2): 115.  
MENG Zhaoqing, LIU Guojie, LI Jianhua, ZENG Xiang, LI Shaohua. The effect of hairpin on the growth of apple seedlings and its plastic effect in general[J]. *China Fruits*, 1996(2): 115.
- [12] 张庆伟, 宋春晖, 邢利博, 韩明玉, 赵彩平, 李高潮. 6-BA 和 GA<sub>4+7</sub> 喷施处理及其他措施促进长富 2 号苹果幼苗分枝的效果[J]. *果树学报*, 2011, 28(6): 1071-1076.  
ZHANG Qingwei, SONG Chunhui, XING Libo, HAN Mingyu, ZHAO Caiping, LI Gaochao. Effects of 6-BA and GA<sub>4+7</sub> as well as other manual measures on branches formation of apple nursery stock[J]. *Journal of Fruit Science*, 2011, 28(6): 1071-1076.
- [13] 宣景宏, 王有彬, 杜国栋. '寒富' 苹果苗木促发分枝技术研究[J]. *北方果树*, 2015(4): 4-9.  
XUAN Jinghong, WANG Youbin, DU Guodong. Study on the promoting branch technology of 'Hanfu' apple seedlings[J]. *North Fruit Tree*, 2015(4): 4-9.
- [14] 吕天星, 姜孝军, 王颖达, 刘志. 不同措施促进苹果幼苗分枝的效果[J]. *北方园艺*, 2015(19): 36-38.  
LÜ Tianxing, JIANG Xiaojun, WANG Yingda, LIU Zhi. Effect of different measures on branches formation of apples seedlings promotion[J]. *Northern Horticulture*, 2015(19): 36-38.
- [15] 麻珊珊, 沈晨晨, 岳伟, 李高潮. 喷施植物生长调节剂对苹果矮化自根砧嫁接苗促分枝和生长的效果[J]. *落叶果树*, 2015, 47(5): 10-12.  
MA Shanshan, SHEN Chenchen, YUE Wei, LI Gaochao. Effect of spraying plant growth regulator on promoting branch and growth of apple dwarf self root stock grafted seedlings[J]. *Deciduous Fruit Tree*, 2015, 47(5): 10-12.
- [16] 孙淑敏, 李高潮, 檀鸣, 李丙智, 王俊峰, 范崇辉. 短截和普洛马林处理对不同砧木类型苹果苗木分枝特性的影响[J]. *北方园艺*, 2016(11): 15-18.  
SUN Shumin, LI Gaochao, TAN Ming, LI Bingzhi, WANG Junfeng, FAN Chonghui. Influence of promalin and cutting back treatment on the branching characters of different rootstocks apple seedling[J]. *Northern Horticulture*, 2016(11): 15-18.
- [17] ELFVING D C, VISSER D B. Cyclanilide induces lateral branching in apple trees[J]. *Hort Science*, 2005, 40(1): 119-122.
- [18] PEDERSEN M K, BURTON J D, COBLE H D. Effect of cyclanilide, ethephon, auxin transport inhibitors, and temperature on whole plant defoliation[J]. *Crop Science*, 2006, 46(4): 1666 - 1672.
- [19] LEO R, LUCAS D R M, JÚLIO C O, MICHELI F M, ANDREA D R, GUILHERME F S, TIAGO A D M. Lateral branch induction at nursery with growth regulators in 'Maxi Gala' apple trees grafted on four rootstocks[J]. *Scientia Horticulturae*, 2019, 253: 349-357.
- [20] SAZO M M, ROBINSON T L. The use of plant growth regulators for branching of nursery trees in NY state[J]. *New York Quarterly*, 2011, 19(2): 5-9.
- [21] LI G, TAN M, CHENG F, LIU X, QI S, CHEN H, ZHANG D, ZHAO C, HAN M, MA J. Molecular role of cytokinin in bud activation and outgrowth in apple branching based on transcriptomic analysis[J]. *Plant Molecular Biology*, 2018, 98: 261-274.
- [22] PALMER J W, SEYMOUR S M, DIACK R. Feathering of 'Doyenné du Comice' pear in the nursery using repeat sprays of benzyladenine and gibberellins[J]. *Scientia Horticulturae*, 2011, 130(2): 393 - 397.
- [23] 路超, 聂佩显, 安淼, 王来平, 王金政. 喷施植物生长调节剂对矮砧苹果幼树分枝特性及新梢内源激素含量的影响[J]. *陕西农业科学*, 2019, 65(3): 72-75.  
LU Chao, NIE Peixian, AN Miao, WANG laiping, WANG Jinzheng. Effect of spraying of plant growth regulator on branch characteristic of young apple tree with dwarf stocks and endogenous hormones of new treetops[J]. *Shaanxi Agricultural Science*, 2019, 65(3): 72-75.
- [24] HOLLAND G J, KEEVER J R, KESSLER J R, DANE F. Interactive effects of pruning and cyclanilide application on growth of woody nursery crops[J]. *Environment Horticulture*, 2008, 26(2): 115 - 122.
- [25] FARRIS G J, KEEVER J R, KESSLER R, OLIVE J W. Effects of cyclanilide and benzyladenine tank mixes on shoot production and growth of three woody landscape species during production [J]. *Environment Horticulture*, 2010, 28(2): 91-95.