

# Effects of Root Restriction and High Density Cultivation on the Growth and Bolting of Flowering Chinese Cabbage

Wenwen Liang, Jianuo Xu, Wenying Lai, Shiwei Song\*

College of Horticulture, South China Agricultural University, Guangzhou Guangdong  
Email: [sdliangwenwen@163.com](mailto:sdliangwenwen@163.com), [swsong@scau.edu.cn](mailto:swsong@scau.edu.cn)

Received: Feb. 3<sup>rd</sup>, 2020; accepted: Feb. 17<sup>th</sup>, 2020; published: Feb. 25<sup>th</sup>, 2020

## Abstract

In order to explore the influencing factors of premature bolting of flowering Chinese cabbage, the effects of root restriction and high density cultivation on its growth and bolting were studied under hydroponics conditions. The results showed that, compared with the normal control cultivation, both root restriction and high density cultivation treatments induced the stems of flowering Chinese cabbage slender, which increased plant height and internodes length, decreased stem diameter, leaf numbers and leaf areas, also the plant biomass was significantly reduced ( $P < 0.05$ ). Both root restriction and high density cultivation resulted in the premature bolting of flowering Chinese cabbage. Compared with the control, the bolting time was 7 days earlier, and the budding time was 10 days earlier.

## Keywords

Flowering Chinese Cabbage, Root Restriction Culture, High Density Culture, Growth, Bolting

# 限根及高密度栽培对菜心生长及抽薹的影响

梁雯雯, 徐佳诺, 赖文英, 宋世威\*

华南农业大学园艺学院, 广东 广州  
Email: [sdliangwenwen@163.com](mailto:sdliangwenwen@163.com), [swsong@scau.edu.cn](mailto:swsong@scau.edu.cn)

收稿日期: 2020年2月3日; 录用日期: 2020年2月17日; 发布日期: 2020年2月25日

## 摘要

为探讨菜心先期抽薹的影响因素, 在水培条件下研究了限根及高密度栽培对其生长及抽薹的影响。结果

\*通讯作者。

表明,与对照正常栽培相比,限根和高密度处理均使菜心的茎变得细长,表现为提高了株高和节间距,降低了茎粗、叶片数和叶面积,同时显著降低了植株的生物量( $P < 0.05$ )。限根和高密度栽培处理均导致了菜心的先期抽薹,抽薹时间均比CK提前了7天,现蕾时间则提前了10天。

## 关键词

菜心, 限根栽培, 高密度栽培, 生长, 抽薹

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

生产中先期抽薹会导致十字花科等蔬菜产量下降、品质降低等问题,因此研究这一问题产生的原因及影响机制尤为重要。

菜心(*Brassica campestris* L. ssp. *Chinesis* var. *Utilis* Tsen et Lee)又名菜薹,为十字花科芸薹属白菜亚种的一个变种,是华南地区栽培面积和产量最大的蔬菜[1]。菜心以菜薹为主要食用器官,品质柔嫩,风味独特,营养丰富,受到广大消费者的喜爱;其适应性广,生长周期短,适合周年生产,在蔬菜供应中占有重要地位[2]。

花芽分化是菜心生长过程中一个重要的生长转变过程,标志着营养生长开始向生殖生长进行转化,逐步形成菜薹。花芽分化的早晚直接影响菜薹的发育情况,而菜薹的发育程度直接决定最终产量[3]。菜心花芽分化后,适宜的环境条件能促进菜薹良好的生长发育;当环境条件不适宜时,可能使菜薹发育不良,甚至出现提前抽薹现象,无法形成产品器官。出现这种情况的原因可能为,花芽分化后,当外界环境条件不适宜时,菜心为尽快完成生命周期,跨过营养生长及菜薹积累营养物质的过程,菜薹迅速伸长变成花薹,造成先期抽薹。先期抽薹的菜心主要表现为叶片数少、同化面积小、薹茎细长,失去了商品价值。因此花芽分化后的环境条件直接影响产品器官的形成。

限根栽培是人为地利用物理或生态的方法将植物根系限制在一定的介质和空间范围内,通过控制地上部和地下部的生长关系来调节植物的营养生长和生殖生长。目前,限根栽培在果树的生长和果实品质研究比较多[4] [5],而对蔬菜的生长和品质研究较少[6] [7]。高种植密度下植株叶片密集,相互遮荫,使得作物节间不断伸长,容易导致提前抽薹。甘蓝栽培密度过大时,使根系过早地接受了“不良环境条件来临的生理信号”,导致未熟抽薹[8]。

本试验研究了限根及高密度栽培对菜心生长及抽薹特性的影响,以期探讨外界因素对菜薹形成的调控机制提供参考,并为菜心的优质高效栽培提供指导。

## 2. 材料与方法

### 2.1. 试验材料

本试验于2018年3月至6月在华南农业大学园艺学院塑料板材温室内进行。供试菜心品种为“油绿33号”,为多代自交种,购买于广东省佛山市穗美种子种苗行。采用海绵块育苗,菜心幼苗子叶展平后,连同海绵块一起移至72孔穴盘,适量浇灌营养液。

## 2.2. 试验处理

菜心幼苗 3 叶 1 心时选取长势一致的健壮幼苗进行处理。对照组幼苗移栽至嵌有小孔的 KT 板上, 每孔 1 株, 每板 12 株, 放置于蓝色水培盆上, 营养液采用 1/2 剂量 Hoagland 配方; 限根栽培处理的幼苗根系套上无纺布袋, 用橡皮筋束口扎紧, 将幼苗移栽至上述水培盆上, 营养液采用 1/2 剂量 Hoagland 配方; 高密度处理的幼苗移栽至 24 孔的 KT 板上, 每孔 1 株, 营养液采用 1 倍剂量 Hoagland 配方, 保证与上述处理相同的单株营养液量。每个处理三次重复, 每重复 1 盆。营养液每隔 30 min 通气 15 min, 每 3d 用去离子水补充至原有体积。栽培期间, 每 3 d 调整一次营养液 pH (6.0~6.5)。

## 2.3. 取样及指标测定

开始开花后每天统计菜心的开花时间, 当 80% 菜心达到“齐花口”的采收标准时进行取样。随机从每个重复中选取 3 株, 测定菜心地上部鲜重、地下部鲜重、总干重、株高、茎粗、叶片数、叶面积、叶绿素含量。株高用直尺测量, 茎粗(第 4~5 片真叶之间)用游标卡尺测量, 采用 image-J 统计叶面积, 地上部、地下部鲜重用电子天平称量, 称量鲜重后将样品放入烘箱, 105℃ 杀青 30 min, 75℃ 烘干至恒重, 用电子天平称量获得干重。取第 4~5 片真叶, 采用 80% 丙酮浸提法测定叶绿素含量[9]。

## 2.4. 数据处理及分析

采用 SPSS17.0 软件对试验数据进行统计分析, 采用 Excel 2013 作图。

## 3. 结果与分析

### 3.1. 限根及高密度栽培对菜心生长发育的影响

与正常栽培(CK)相比, 限根和高密度栽培处理提高了菜心的株高, 降低了茎粗、叶片数和叶面积, 提高了平均节间距, 但叶片的叶绿素总含量无显著性差异(表 1)。这表明限根和高密度处理均会使菜心的茎变得细长, 符合先期抽薹的特征, 其中高密度栽培的效果尤其显著。

**Table 1.** Effect of root restriction and high density cultivation on the growth of flowering Chinese cabbage

**表 1.** 限根及高密度栽培对菜心生长发育的影响

处理	株高(cm)	茎 (mm)	叶片数(片)	平均节间距(cm)	叶面积(cm <sup>2</sup> )	叶绿素含量(mg/g)
CK	11.7 ± 1.2b	12.8 ± 0.3a	16.1 ± 1.3a	0.8 ± 0.1c	57.1 ± 4.1a	1.7 ± 0.15a
限根	13.5 ± 0.8b	5.7 ± 0.3c	12.7 ± 1.0b	1.2 ± 0.1b	15.9 ± 0.8c	1.6 ± 0.04a
高密度	28.6 ± 1.1a	7.8 ± 0.4b	14.3 ± 0.9ab	2.1 ± 0.2a	41.2 ± 3.5b	1.7 ± 0.03a

注: 同列中不同小写字母表示差异达到显著水平( $P < 0.05$ ) (下同)。

### 3.2. 限根及高密度栽培对菜心生物量的影响

限根和高密度栽培处理菜心的地上部和地下部鲜重、总干重显著低于 CK, 降低了植株的生物量, 其中限根处理影响更为显著(表 2)。高密度栽培菜心的根冠比显著低于 CK 和限根栽培处理。

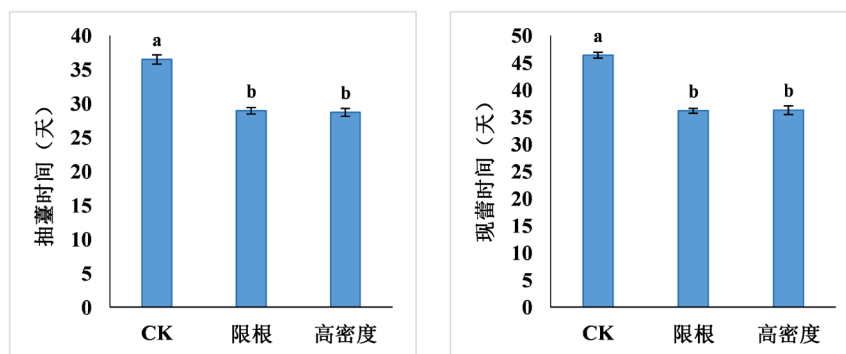
**Table 2.** Effect of root restriction and high density cultivation on the biomass of flowering Chinese cabbage

**表 2.** 限根及高密度栽培对菜心生物量的影响

处理	地上部鲜重(g/株)	地下部鲜重(g/株)	总干重(g/株)	根冠比
CK	37.8 ± 2.1a	11.0 ± 1.6a	4.9 ± 0.4a	0.29 ± 0.04a
限根	7.1 ± 0.5c	2.3 ± 0.2b	1.3 ± 0.1c	0.32 ± 0.04a
高密度	18.7 ± 1.7b	2.5 ± 0.2b	1.9 ± 0.1b	0.13 ± 0.02b

### 3.3. 限根及高密度栽培对菜心抽薹及现蕾时间的影响

限根和高密度栽培处理均导致了菜心的先期抽薹,抽薹时间分别比 CK 提前了 7.6 天和 7.8 天,现蕾时间比分别 CK 提前了 10.2 天和 10.1 天(图 1),均达到差异显著水平。



注:不同小写字母表示差异达到显著水平( $P < 0.05$ )

Figure 1. Effect of root restriction and high density cultivation on the bolting and budding time of flowering Chinese cabbage

图 1. 限根及高密度栽培对菜心抽薹及现蕾时间的影响

## 4. 讨论

限根栽培通过抑制下部的生长,致使营养物质、水分等不能有效运输到地上部,从而抑制植株地上部的营养生长[10]。对南瓜幼苗进行限根栽培后,其茎粗、叶片数显著降低[11]。高栽培密度会使植株呈现避荫反应,株高增加、节间距变大。研究发现玉米、高粱随栽培密度增高,株高增加,茎粗、叶面积降低[12][13]。本试验中,限根和高密度栽培处理菜心的茎粗、叶面积、叶片数显著下降,株高、平均节间距显著增加,与前人的研究结果一致。

本研究中,限根和高密度栽培均降低了菜心的生物量,是降低植株叶片数和茎粗的综合结果。栽培密度显著影响植物的生物量,空心莲子草的单株生物量随栽培密度的增加逐渐降低[14]。限根栽培降低植物生物量与降低光合作用有关,也可能与根际氧气不足有关[15]。

在较高密度栽培处理下,植株相互遮荫使叶片感受红光/远红光比例发生变化,植株发生节间伸长从而提前抽薹。植物可以对逆境做出相关适应性反应,以削弱影响,尽早完成生命周期。本试验中,限根和高密度栽培处理均显著提早了菜心的抽薹、现蕾时间。这与低温逆境促进了菜心抽薹开花的研究结果一致[16]。可能限根或高密度栽培处理形成逆境,影响植株内源激素的形成,从而导致菜心提前抽薹开花。

限根栽培、高密度栽培和低温条件,均导致了菜心的先期抽薹,是生产中应避免出现的逆境条件。影响菜心先期抽薹的调控机制还不清楚,仍需进一步深入研究。

## 基金项目

国家重点研发计划项目(2018YFD0201201);广东省现代农业产业共性关键技术研发创新团队项目(2019KJ131)。

## 参考文献

- [1] 蔡绵聪,李淑仪,陈真元,等.菜心氮磷钾施肥效应研究[J].土壤通报,2010,41(1):126-132.
- [2] 张华,刘自珠.菜薹(菜心)的市场需求与育种现状[J].中国蔬菜,2010(3):10-12.
- [3] 关佩聪,梁承愈.菜心生长发育及产品器官形成的研究——菜薹形成与生长发育[J].园艺学报,1985,12(1):

29-34.

- [4] 彭醒醒. 限根栽培对蓝莓生长发育的影响[D]: [硕士学位论文]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2015.
- [5] 吴海芹. 限根栽培对苹果幼树生长发育及相关生理机制影响的研究[D]: [硕士学位论文]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2017.
- [6] 王敏. 不同体积限根对番茄生长发育及品质的影响[D]: [硕士学位论文], 银川: 宁夏大学, 2015.
- [7] 葛均青. 日光温室黄瓜限根栽培的应用研究[D]: [硕士学位论文]. 泰安: 山东农业大学, 2003.
- [8] 张韬. 春甘蓝抽薹性状遗传及相关研究[D]: [硕士学位论文]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2002.
- [9] 张宪政. 植物叶绿素含量测定——丙酮乙醇混合液法[J]. 辽宁农业科学, 1986(3): 28-30.
- [10] 陈巍, 郭秀珠, 黄品湖, 等. 限根对油桃幼树生长和果实品质的影响[J]. 浙江农业科学, 2012(7): 969-971.
- [11] 方伟, 张青, 惠成章, 等. 穴盘孔径对不同南瓜砧木出苗和前期生长的影响[J]. 辽宁农业科学, 2015(6): 9-12.
- [12] 吕斌, 孙义, 杨帆, 等. 不同栽培密度对玉米产量的影响[J]. 基层农技推广, 2018, 6(11): 15-17.
- [13] 肖继兵, 刘志, 孔凡信, 等. 种植方式和密度对高粱群体结构和产量的影响[J]. 中国农业科学, 2018, 51(22): 4264-4276.
- [14] 李珂, 陈浩, 张海杰, 等. 不同养分条件下密度对空心莲子草生长和光合特性的影响[J]. 安徽农业大学学报, 2019, 46(4): 706-712.
- [15] 师恺. 果菜类蔬菜根系限制下能量代谢变化及其调控机制[D]: [博士学位论文], 杭州: 浙江大学, 2007.
- [16] 雷玉玲. 低温处理下菜心抽薹特性及激素变化研究[D]: [硕士学位论文], 广州: 华南农业大学, 2016.