

doi:10.11937/bfyy.20164975

## 籽用南瓜干物质的累积分配及转运特征

张泽钰<sup>1</sup>, 孙磊<sup>1</sup>, 屈淑平<sup>2</sup>, 田静儂<sup>1</sup>, 毕诗婷<sup>1</sup>, 邵枫<sup>1</sup>

(1. 东北农业大学 资源与环境学院, 黑龙江 哈尔滨 150030; 2. 东北农业大学 园艺园林学院, 黑龙江 哈尔滨 150030)

**摘要:**以籽用南瓜“银辉3号”为试材,采用田间小区试验方法,研究了不同氮磷钾配比对籽用南瓜全生育期内干物质的积累、分配和转运的影响,以促进籽用南瓜优质高产。结果表明:在南瓜全生育期内,全株的干物质积累量呈‘S’曲线变化,但不同的氮磷钾配比能显著影响籽用南瓜干物质积累的峰值。适宜的氮磷钾配比有利于提高果实干物质积累速率,增加库(果实)容量,为籽粒的形成提供物质基础,同时又可带动干物质在“源库”间的转运,促进瓜籽的干物质积累,从而提高籽用南瓜的产量和品质。

**关键词:**籽用南瓜;干物质转运;干物质积累;养分管理

**中图分类号:**S 642.1 **文献标识码:**B **文章编号:**1001-0009(2017)15-0051-06

南瓜(*Cucurbita*)属葫芦科南瓜属一年生蔓生草本植物,其中籽用南瓜是以种子作为主要食用器官或加工对象的南瓜类总称,包括中国南瓜、印度南瓜、美洲南瓜和云南黑籽南瓜及其杂交品种等<sup>[1-2]</sup>。南瓜籽含有丰富的蛋白质、氨基酸及维生素A、B、C、胡萝卜素等,脂肪含量可达50%,其经济价值很高,是我国传统的出口商品之一,深受国内外消费者的欢迎<sup>[3]</sup>。据2014年中国籽用南瓜产业发展研讨会资料显示,我国2014年籽用南瓜生产面积32万hm<sup>2</sup>,籽总产量达27万t<sup>[4]</sup>。黑龙江省的寒温带季风气候非常适宜籽用南瓜的生长,如今籽用南瓜产业已经成为黑龙江省的优势产业之一,年种植面积保持在20万hm<sup>2</sup>左右,生产的籽用南瓜已经远销到美国、加拿大、日本及土耳其等国家<sup>[5-6]</sup>。

根据土壤条件和作物的养分需求特征对氮、

磷、钾等养分配合施用,可有效提高作物产量和品质以及肥料利用率<sup>[7-8]</sup>。在作物干物质的合成、积累、分配及运转过程中,氮、磷和钾的协调具有重要的作用<sup>[9]</sup>。不同作物对氮磷钾的需求量和需求比不同,因此氮磷钾的供应比例直接影响作物生长发育。适宜的氮磷钾配比可增加大豆、玉米、水稻等作物干物质积累量,有利于获得更高的经济产量<sup>[10-12]</sup>。现对籽用南瓜的研究主要集中在施肥对其产量和品质的直接效应上,而很少对氮磷钾配施进行系统研究。该试验通过分析不同氮磷钾配比条件下籽用南瓜在全生育时期各器官的干物质积累、分配及转运的动态规律,充分了解不同氮磷钾配比对籽用南瓜全生育时期各器官的干物质积累和分配的调控作用,以期为指导籽用南瓜合理施肥、提高其产量和品质提供参考依据。

### 1 材料与方法

#### 1.1 试验材料

供试土壤类型为黑土,理化性质见表1。供试南瓜品种为“银辉3号”,种子由东北农业大学园艺园林学院提供。

供试肥料为尿素(N 46%),磷酸二铵(N 18%,P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 46%),硫酸钾(K<sub>2</sub>O 50%)。

**第一作者简介:**张泽钰(1992-),女,硕士研究生,研究方向为作物养分调控。E-mail:zhangzeyu0731@163.com

**责任作者:**孙磊(1974-),女,博士,副教授,现主要从事作物养分调控等研究工作。E-mail:sunleilee@163.com

**基金项目:**公益性行业(农业)科研专项资助项目(201303112)。

**收稿日期:**2017-02-07

表1 供试土壤基础肥力

年份	有机质含量 /(g · kg <sup>-1</sup> )	碱解氮含量 /(mg · kg <sup>-1</sup> )	速效磷含量 /(mg · kg <sup>-1</sup> )	速效钾含量 /(mg · kg <sup>-1</sup> )	pH
2014	32.5	74.9	60.6	177.1	6.76
2015	34.0	83.3	20.6	120.5	6.93

## 1.2 试验方法

试验于2014年在东北农业大学香坊实验实习基地进行,2015年在向阳农场进行。2014年5月22日隔垄播种,5月31日出苗,9月9日收获;2015年5月16日垄作种植,5月27日出苗,9月2日收获。

采用随机区组排列,2014年设2个处理,3次重复。每个小区10垄,重复之间设1m宽隔离带,垄长40m,垄宽65cm,小区面积161m<sup>2</sup>,株距50cm,种植密度14286株·hm<sup>-2</sup>;2015年设3个处理,3次重复,每小区5垄,垄长40m,垄宽65cm,小区面积130m<sup>2</sup>,株距80cm,种植密度19230株·hm<sup>-2</sup>,以传统农户施肥处理作为对照(CK)。肥料作为基肥一次全部施入。养分用量具体见表2。

表2 不同处理的养分总施用量及养分配比

年份	处理	养分总施用量 /(kg · hm <sup>-2</sup> )	N : P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> : K <sub>2</sub> O
2014	CK1	105	3 : 4 : 2
	T1	94	3 : 1 : 2
	T2	110	2 : 1 : 1
2015	CK2	105	3 : 4 : 2
	O1	108	3 : 4 : 3
	O2	122	4 : 4 : 3
	O3	84	1 : 1 : 1

取样时间:2014年在出苗后30d(开花坐果期)、50d(果实膨大前期)、71d(果实膨大中期)、90d(果实膨大后期)、101d(种子成熟期)取样。2015年在出苗后31d(开花坐果期)、45d(果实膨大前期)、64d(果实膨大中期)、80d(果实膨大后期)、100d(种子成熟期)取样。

## 1.3 项目测定

在每个小区选取长势一致,具有代表性的3株植株,整株取样,带回实验室,将植株按茎、叶、瓜肉、瓜籽各器官分别分解后清洗。105℃杀青30min,80℃烘干至恒重,称质量。茎叶干物

质转运量(kg · hm<sup>-2</sup>)=果实膨大前期茎叶生物量-成熟期茎叶生物量;茎叶干物质转运率(%)=茎叶干物质转运量/果实膨大前期茎叶生物量×100;收获期瓜籽干质量与瓜肉干质量的比例(%)=收获期瓜籽的生物量/收获期瓜肉的生物量×100;干物质积累速率(kg · hm<sup>-2</sup> · d<sup>-1</sup>)=(第n次取样干物质积累量-第(n-1)次取样干物质积累量)/2次取样间隔天数。

## 1.4 数据分析

数据采用Excel和DPS软件进行统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同氮磷钾比对籽用南瓜干物质积累量的影响

由图1可知,2年的试验结果表明,不同氮磷钾配比下籽用南瓜全株干物质积累量随着时间的推移均呈‘S’曲线变化。果实膨大前期是全株干物质积累量增长最快的时期,之后全株干物质积累减慢,在果实膨大后期全株干物质积累量达到最大值(6850~7618kg · hm<sup>-2</sup>),此后由于茎叶的自然衰老脱落全株干物质积累量略有下降。2014年各处理干物质积累量的峰值依次表现为T2>CK1>T1,其中T2处理达到了7440kg · hm<sup>-2</sup>,较CK1增加7.5%(P<0.05);2015年表现为O2>O1>CK2>O3,O2处理达到了7618kg · hm<sup>-2</sup>,较CK2增加5.6%(P>0.05),与CK2相比,O2处理在施磷量一定的条件下增加氮钾配比,促进了籽用南瓜的生长发育,有利于干物质积累量峰值的增加。

### 2.2 不同氮磷钾比对籽用南瓜干物质积累速率的影响

由图2可知,在果实膨大初期茎叶生长最旺盛,茎叶的积累速率达到峰值,2014年为70~82kg · hm<sup>-2</sup> · d<sup>-1</sup>,2015年为141~154kg · hm<sup>-2</sup> · d<sup>-1</sup>,此时是植株干物质积累的关键时期,为果实的干物质积累奠定基础。之后随着果实的形成,茎叶的干物质开始向果实转运,导致茎叶干物质积累速率出现了负增长,而果实干物质的积累速率开始逐渐增加,并在果实膨大中期达到积累速率的最高值(131~140kg · hm<sup>-2</sup> · d<sup>-1</sup>,215~227kg · hm<sup>-2</sup> · d<sup>-1</sup>),此后积累速率减小,进

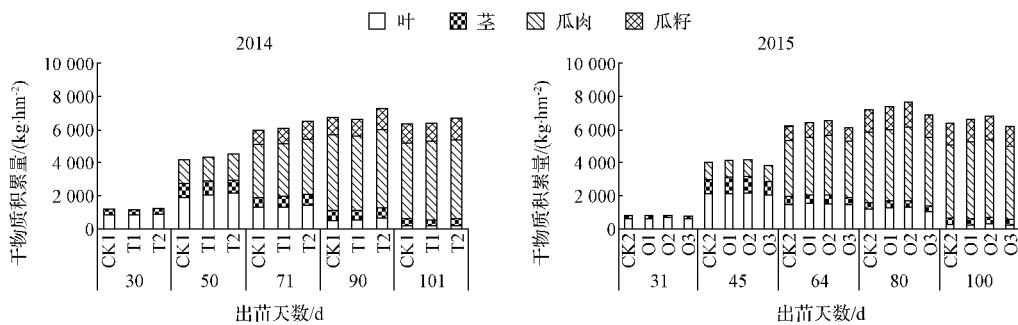


图 1 不同氮磷钾配比下籽用南瓜总生物量累积的动态变化

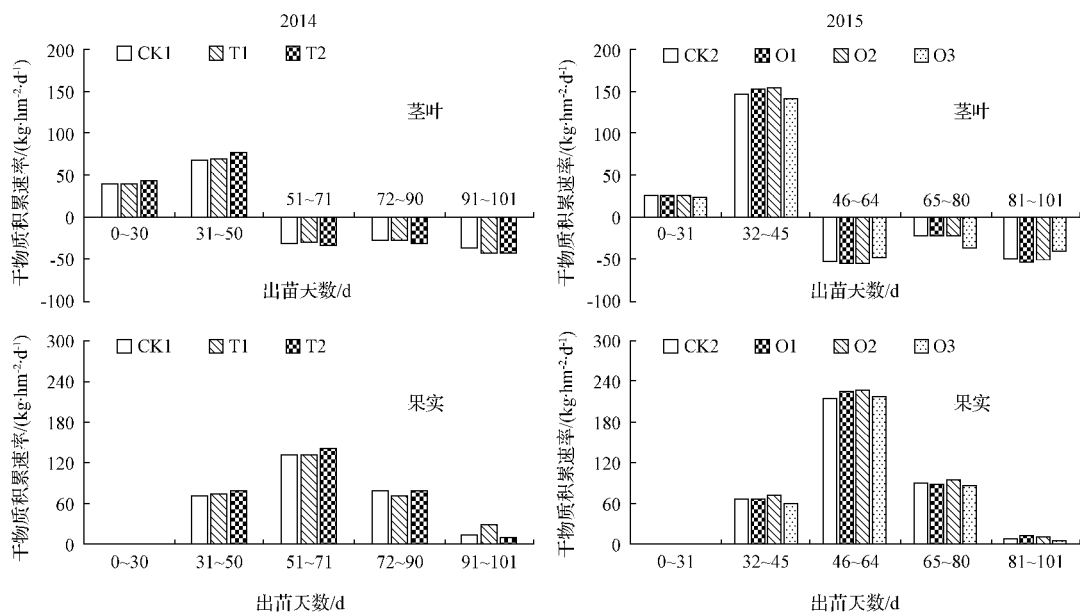


图 2 不同氮磷钾对比籽用南瓜干物质积累速率的影响

入缓慢增长期,整体趋势表现为慢-快-慢。2014 年果实干物质积累速率峰值依次表现为  $T2 > T1 > CK1$ ,其中  $T2$  处理的峰值为  $140 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ ,较  $CK1$  增加  $5.8\%$  ( $P > 0.05$ );2015 年各处理表现为  $O2 > O1 > O3 > CK2$ , $O2$  处理的峰值达到  $227 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ ,较  $CK2$  增加  $5.2\%$  ( $P > 0.05$ )。不同氮磷钾配比不影响茎叶的干物质积累速率的变化趋势,但影响茎叶干物质积累速率的峰值大小。适宜的氮磷钾配施可明显提高果实干物质积累速率的峰值,使果实的干物质积累量增加,从而形成较大的“库”,进一步带动干物质由源向库的转运,从而获得高产。

### 2.3 不同氮磷钾对比籽用南瓜各器官干物质分配的影响

由图 3 可知,籽用南瓜叶片干物质分配比例

随着生育期的推进均逐渐降低,在果实形成前,叶片是干物质主要分配器官,全株 80% 的干物质分配在叶片中,随着果实的生长,叶片的干物质开始向果实转移,分配比例下降,到收获期时仅占全株干物质总量的 3%~5%。茎的干物质分配比例均呈单峰曲线变化,峰值分别出现在开花期和果实膨大前期,占全株干物质总量的 22%~25%,以后平缓下降,到收获期时仅占全株的 4%~7%。果实是干物质的最终储藏器官,随果实进入膨大期,其分配比例逐渐增加,收获期时高达 90%,远高于其它器官。瓜籽在果实膨大中期形成,是籽用南瓜的收获器官。随瓜籽的形成,瓜肉积累的干物质开始向瓜籽转移,瓜籽的干物质分配比例持续增加,2014 年收获时瓜籽干物质所占全株干物质含量的 17%~20%,且  $T2 > CK1 >$

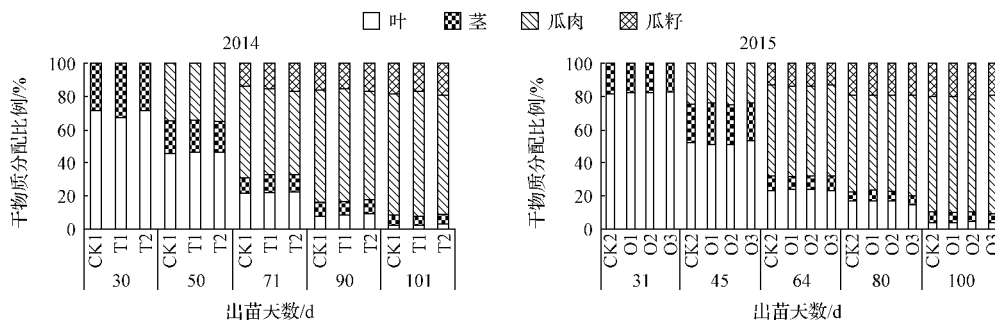


图3 不同氮磷钾配比对籽用南瓜各器官干物质分配比例的影响

T1;2015年瓜籽干物质的分配比例为19%~21%,且O2>O1>CK2>O3。由此可见,籽用南瓜干物质在各器官的分配是随生长中心的转移而变化。

#### 2.4 不同氮磷钾配比对籽用南瓜干物质转运的影响

在南瓜的整个生育时期,干物质的转运共分为2个过程:一是在果实形成后,茎叶作为营养体,将积累的干物质转移到果实中;二是在籽粒形成后,果实里的瓜肉作为源器官,将所积累的干物质转运到瓜籽中。在茎叶的干物质向果实转运的过程中,各处理间茎叶的转运量和转运率差异不显著,但果实干物质积累量在不同的施肥配比条件下差异达到显著水平,其中2014年的T2与CK1间差异达到显著水平( $P<0.05$ ),2015年的O1、O2处理与O3间差异达到显著水平( $P<0.05$ ),2014、2015年分别在T2、O2处理下果实干物质积累量达到最大 $5\ 846\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 和 $6\ 015\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ ,表明T2、O2处理的养分配比较为适宜,有利于增加“库”容量,促进果实干物质的

积累。瓜籽的干物质积累主要来源于瓜肉干物质的转运,在收获期瓜籽干物质所占瓜肉的比例是衡量“源(瓜肉)-库(瓜籽)”关系的指标<sup>[13]</sup>。适宜的氮磷钾配比可显著影响干物质向籽粒的转运,通过收获期瓜籽干物质所占瓜肉的比例和瓜籽干物质积累量研究发现,2014年各处理表现为T2>CK1>T1,籽粒的库容量受施磷量的限制,磷素能够通过影响脂肪的合成而影响油料作物的产量,充足的磷有利于油料作物粒数和粒质量的增加<sup>[14]</sup>,进而促进干物质向籽粒运输。与CK1相比,T1处理的磷供应所占配比较小,因此T1处理的果实干物质质量虽然大于CK1,但瓜籽干物质质量却小于CK1;2015年各处理的表现表现为O2>O1>CK2>O3,其中O2处理与CK2、O3处理的瓜籽干物质质量差异达到显著水平( $P<0.05$ ),在施磷量一定的条件下,增加氮钾配比有助于干物质由瓜肉向瓜籽的转移,从而增加籽粒的干物质积累量。

表3 不同氮磷钾配比对籽用南瓜干物质转运的影响

年份	处理	茎叶		果实干物质积累量 /( $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ )	收获期瓜籽干物质 占瓜肉的比例/%	瓜籽干物质积累量 /( $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ )
		转运量/( $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ )	转运率/%			
2014	CK1	2 060ab	82.14a	5 672b	25.68ab	1 180b
	T1	2 183a	80.89ab	5 712ab	25.15b	1 083b
	T2	2 239a	81.42a	5 846a	26.96a	1 305a
	CK2	2 050ab	76.82a	5 701ab	28.45ab	1 262b
2015	O1	2 085a	76.35a	5 929a	29.12a	1 374ab
	O2	2 105a	75.16ab	6 015a	29.51a	1 456a
	O3	2 011ab	77.47a	5 644b	27.09b	1 203b

注:果实干物质质量和瓜籽的干物质质量均为收获期数据。

### 3 结论与讨论

该试验在不同氮磷钾配比条件下对籽用南瓜

全生育期的干物质积累、分配和转运进行研究。结果表明,在南瓜全生育期内,全株的干物质积累量变化呈‘S’曲线变化,不同的氮磷钾比例不影

响籽用南瓜干物质积累峰值出现的时间,但影响峰值的大小。在果实未形成前,茎叶是干物质的主要分配器官,在果实形成后,茎叶中的干物质开始向果实转移,分配比例逐渐降低,而果实中的干物质分配比例逐渐上升,成为新的分配中心。在瓜籽形成后,瓜肉中的干物质开始向瓜籽转移,瓜籽是籽用南瓜的最终收获器官,其库容量决定了籽用南瓜的经济产量。籽粒的干物质主要来源于营养器官中物质的转移,还有部分来源于生育后期光合同化产物的输送<sup>[15]</sup>。各器官的干物质积累、分配和转运在一定程度上反映物质转运的“源-库”关系<sup>[16]</sup>。适宜的氮磷钾配施,可提高果实干物质积累速率,增加果实的干物质积累量,带动干物质由源到库的转运,提高植株的干物质积累量,为籽粒产量的增加奠定了基础<sup>[17]</sup>。因此为充分发挥氮磷钾的肥效,不仅要考虑氮磷钾的用量,还要同时考虑氮磷钾配比<sup>[18-20]</sup>。

### 参考文献

- [1] OLOYEDE F M, AGBAJE G O, OBUOTOR E M, et al. Nutritional and antioxidant profiles of pumpkin immature and mature fruits as influenced by NPK fertilizer[J]. Food Chemistry, 2012, 135: 460-463.
- [2] 杨晓霞, 屈淑平, 杨贵先, 等. 乙烯利与乙烯抑制剂对印度南瓜(*Cucurbita maxima*)性别表现的影响[J]. 北方园艺, 2013(4): 181-183.
- [3] 刘洋, 屈淑平, 崔崇士. 南瓜营养品质与功能成分研究现状与展望[J]. 中国瓜菜, 2006(2): 27-29.
- [4] 2014年度南瓜产业技术发展报告[C]. 昆明: 中国园艺学会南瓜研究分会, 2014.
- [5] 黄妍, 张欣. 浅谈黑龙江省白瓜籽产业发展现状[J]. 北方园艺, 2013(4): 181-183.
- [6] 魏照信, 陈荣贤, 殷晓燕, 等. 中国籽用南瓜产业现状及发展趋势[J]. 中国蔬菜, 2013(9): 10-13.
- [7] WU W, MA B L. Integrated nutrient management (INM) for sustaining crop productivity and reducing environmental[J]. Science of the Total Environment, 2015(512-513): 415-427.
- [8] JU X T, ZHANG F S. Thinking about nitrogen recovery rate[J]. Ecology Environment, 2003, 12(2): 192-197.
- [9] 陈丽楠, 彭显龙, 刘元英, 等. 养分管理对寒地水稻干物质积累及转运的影响[J]. 东北农业大学学报, 2010(4): 52-55.
- [10] 苏是许, 郭荣发. 直播水稻氮磷钾配施效应研究[J]. 中国农学通报, 2013, 29(36): 47-51.
- [11] 孙文涛, 汪仁, 安景文, 等. 平衡施肥技术对玉米产量影响的研究[J]. 玉米科学, 2008, 16(3): 109-111.
- [12] 刘克礼, 高聚林, 王立刚. 大豆对氮磷钾的平衡吸收动态的研究[J]. 中国油料作物学报, 2004, 26(1): 51-54.
- [13] 赵涛, 高小丽, 张东旗, 等. 氮磷配比覆膜黑豆花后干物质积累与转运特性[J]. 西北农业学报, 2016, 25(5): 723-729.
- [14] 吴冬婷, 张晓学, 龚振平, 等. 磷素营养对大豆磷素吸收及产量的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2012, 18(3): 670-677.
- [15] 罗盛国, 王欢, 刘元英, 等. 优化施肥对五优稻4号氮素吸收及转运影响[J]. 东北农业大学学报, 2016, 47(7): 9-15.
- [16] 高晓丽, 孙健敏, 高金峰, 等. 不同绿豆品种花后干物质积累与转运特性[J]. 作物学报, 2009, 35(9): 1715-1721.
- [17] 向达兵, 郭凯, 杨文钰, 等. 不同磷钾处理下套作大豆干物质积累及钾肥利用率的动态变化[J]. 中国油料作物学报, 2012, 32(2): 163-167.
- [18] 张玉凤, 董亮, 刘兆辉, 等. 不同肥料用量和配比对西瓜产量、品质及养分吸收的影响[J]. 中国生态农业学报, 2010, 18(4): 765-769.
- [19] 李会彬, 赵玉靖, 王丽宏, 等. 冀西北高原食用南瓜平衡施肥研究[J]. 北方园艺, 2013(13): 197-199.
- [20] 佟玉欣, 胡军祥, 李玉影, 等. 平衡施肥对籽用南瓜产量效益、品质及养分循环的影响[J]. 北方园艺, 2014(16): 173-177.

## Characteristics of Dry Matter Accumulation, Distribution and Transportation of Seed Pumpkin

ZHANG Zeyu<sup>1</sup>, SUN Lei<sup>1</sup>, QU Shuping<sup>2</sup>, TIAN Jingxuan<sup>1</sup>, BI Shiting<sup>1</sup>, TAI Feng<sup>1</sup>

(1. College of Resources and Environmental Science, Northeast Agricultural University, Harbin, Heilongjiang 150030;

2. College of Horticulture and Landscape Architecture, Northeast Agricultural University, Harbin, Heilongjiang 150030)

**Abstract:** ‘Yinhui No. 3’ pumpkin was used as materials, the field experiments were conducted to study the effects of different nutrients application ratio on dry matter accumulation, distribution and transportation of seed pumpkin, to boost seed pumpkin yield and quality. The results showed that dry matter of the whole plant accumulated as ‘S’ curve, the characteristics of dry matter accumulation in

doi:10.11937/bfyy.20165045

## 不同浓度光合细菌对水培油麦菜 产量及品质的影响

穆金艳, 赵兰枝, 王振宇

(河南科技学院 园艺园林学院, 河南 新乡 453003)

**摘 要:**以油麦菜幼苗为试材,通过水培的方式,采用不同浓度(200 mL 光合细菌菌剂+3 800 mL 营养液、400 mL 光合细菌菌剂+3 600 mL 营养液、600 mL 光合细菌菌剂+3 400 mL 营养液、800 mL 光合细菌菌剂+3 200 mL 营养液、1 000 mL 光合细菌菌剂+3 000 mL 营养液)的光合细菌进行处理,以4 000 mL 营养液为对照,通过对水培油麦菜的叶片数、鲜质量、根活力、维生素C、可溶性糖、可溶性蛋白质、硝酸盐含量进行分析比较,研究了不同浓度光合细菌对水培油麦菜产量及品质的影响。结果表明:600 mL 光合细菌菌剂+3 400 mL 营养液处理的效果最好,与CK相比,叶片数增加了62.66%,鲜质量增加了139.7%,根系活力增加了132.04%,维生素C含量增加了18.34%,可溶性蛋白质含量增加了16.60%,可溶性糖含量增加了192.37%,硝酸盐含量减少了69.44%。600 mL 光合细菌菌剂+3 400 mL 营养液处理保证了水培油麦菜的产量,又降低了硝酸盐含量,提高了油麦菜的品质。

**关键词:**光合细菌;油麦菜;硝酸盐;产量和品质

**中图分类号:**S 636.9 **文献标识码:**B **文章编号:**1001-0009(2017)15-0056-05

油麦菜(*Lactuca sativa* L.)属菊科莴苣属植物,别名莴麦菜,又叫苦菜、生菜,是以嫩梢、嫩

叶为产品的尖叶型叶用莴苣<sup>[1]</sup>。油麦菜营养丰富、适应性强、生长周期短,是无土栽培研究的模式植物之一,也是生产规模较大的水培绿叶蔬菜之一<sup>[2]</sup>。

光合细菌(photosynthetic bacteria, PSB)是一类以光作为能源,可进行不放氧光合作用的微生物。广泛存在于自然界的水田、江河、湖泊、海洋、活性污泥及土壤内,在厌氧光照或好氧黑暗条件下,利用自然界中的硫化物、氨、有机物等作为

**第一作者简介:**穆金艳(1986-),女,硕士,助理实验师,研究方向为园艺植物生物技术。E-mail: mujinyan135@126.com.

**责任作者:**赵兰枝(1964-),女,高级实验师,研究方向为园艺植物无土栽培与生理生化。E-mail: zhaolz123@163.com.

**收稿日期:**2017-02-28

different stages was influenced by different nutrients application during the whole growing period. Appropriate application of N, P and K could promote the formation of fruit and increase the accumulation rate of dry matter in fruit, further on providing the material basis for seed formation. Appropriate application of N, P and K also improved the transportation of dry matter, yield and quality.

**Keywords:** seed pumpkin (*Cucurbita*); dry matter transportation; dry matter accumulation; nutrients management