

规模化黄瓜无土栽培结果期椰糠营养液配方的优化

隋明浩¹, 张天柱^{1,2}

(1. 中国农业大学 水利与土木工程学院, 北京 100083; 2. 北京中农富通园艺有限公司, 北京 100083)

摘要:以“北斗星”黄瓜为试材,研究了2种不同因子N、Mg的3种含量水平椰糠营养液对黄瓜营养生长、产量、品质和叶绿素的影响,优化出适合黄瓜无土栽培的椰糠营养液配方。结果表明:优化的营养液N和Mg含量为14 mmol/L和2 mmol/L,能改善黄瓜品质、降低硝酸盐含量、提高叶片叶绿素含量,一定程度上达到了增产效果,提高了经济效益。在规模化生产过程中,考虑实际情况,营养液N和Mg含量可在平均值上下有小幅度波动。

关键词:黄瓜;无土栽培;营养液;品质

中图分类号:S 642.204⁺.7 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)18-0063-04

目前,我国大部分地区仍采用日光温室和拱棚栽培黄瓜,而国外普遍使用连栋温室进行栽培生产。我国黄

第一作者简介:隋明浩(1991-),女,硕士研究生,研究方向为农业生物环境与能源工程。E-mail:982125316@qq.com.

责任作者:张天柱(1968-),男,博士,教授,现主要从事农业生物环境与能源工程等教学与科研工作。E-mail:liulujiang2008@163.com.

收稿日期:2015-06-26

瓜单位面积产量平均为74 t/hm²^[1],而荷兰单位面积黄瓜产量平均可高达664.3 t/hm²。近年来,蔬菜生产中人力成本和农业投入品成本逐年快速上升,由于工艺原因的决定,传统的日光温室和拱棚生产的劳动生产率没有显著提高,存在工作效率低的问题,发展规模化高效连栋温室生产势在必行。而且随着科技技术提高,新工艺采用,工商资本大量进入农业,高回报的高劳动效率的规模化连栋温室生产将在未来成为一种趋势。

[8] 籍秀红.日光温室墙体材料保温蓄热性能的测试与研究[D].北京:中国农业大学,2007.

[9] 张林华,董瑞.高跨比对日光温室综合影响的研究[J].可再生能源,2007,25(4):15-17.

[10] 唐俊昌,邹志荣,程智慧.高效设施园艺生产技术大全[M].西安:西安地图出版社,2001.

[11] 张真和.高效节能日光温室园艺[M].北京:农业出版社,1995.

[12] 李军,邹志荣,杨旭,等.西北型节能日光温室采光设计中方位角和前屋面角的分析、探讨与应用[J].西北农业学报,2003,12(2):105-108.

[13] 刘雁征,汪金营,吕亚洲,等.日光温室温度传感器布置研究[J].北京农业职业学院学报,2013,27(3):24-26.

Comparison and Suggestions for Typical Efficient Energy Saving Solar Greenhouse Structure in Jidong Area

GUO Ruijie¹, SONG Shiqing¹, SU Junpo², JIAO Dongmin³

(1. College of Horticulture Science and Technology, Hebei Normal University of Science and Technology, Changli, Hebei 066600; 2. Farm and Animal Bureau of Laoting County, Laoting, Hebei 063600; 3. Technology Bureau of Laoting County, Laoting, Hebei 063600)

Abstract: On the basis of introducing the parameters of five kinds of greenhouse structures briefly, the rationality of these structures were discussed in this paper by making a detailed comparison of five kinds of typical structures of energy efficient solar greenhouse in roof after, back wall structure, span, ridge height, low temperature in east Hebei area. Some suggestions for improvements were proposed such as improving the thermal insulation properties of the back wall, the rear and front of the roof, setting cold ditch digging, reducing temperature dissipation entrance, installing temporary heating equipment and so on.

Keywords: Jidong area; high efficiency and energy saving solar greenhouse; configuration parameters; performance of the greenhouse; suggestions for improvement

因缺乏技术、工艺、经验等支撑,规模化高效无土栽培生产一直是我国的短板。2012年,在山东惠民(黄河三角洲国家农业科技园区)10 000 m² Venlo 型连栋玻璃温室中,北京中农富通园艺有限公司首次大规模引进了荷兰智能温室岩棉椰糠复合型无土栽培模式;及澳大利亚格陆谷的椰糠营养液配方,按照国际标准化生产方式,进行规模化黄瓜高效无土栽培生产。温室及内部设施设备由北京中农富通园艺有限公司建设提供。温室于2013年9月建成并投入使用,南北走向,约10 000 m²,温室长175 m,宽52 m,天沟高6 m,顶高6.8 m;覆盖材料顶部为单层玻璃,四周为中空钢化玻璃,配备有水处理系统、智能光温水气肥控制系统、滴箭水肥一体化系统、CO₂施肥系统和全套消毒防疫系统等。栽培形式采用槽式栽培,槽长45 m,宽0.2 m,高0.1 m,行距1.6 m。栽培基质采用岩棉椰糠复合式基质栽培,利用岩棉和椰糠的不同理化性质,综合二者的优势。

规模化生产过程中,由于营养液与当地气候、水质等不适应,使得黄瓜发生了一些生理障碍,如黄瓜叶片出现“黄金边”、黄瓜化瓜等现象,黄瓜产量未完全达到预期效果。有研究表明,在一定施氮量范围内,蔬菜产量随氮量增加而增加,当氮肥用量增加到一定程度时,产量基本不变,不再随施氮量的增加而增加^[2]。而近年来的研究^[3-6]认为,缺镁是叶绿素含量降低和叶片失绿黄化的主要原因。该试验以提高产量、改善叶片“黄金边”现象为目的,考虑当地的水质以及气候条件,在引进椰糠标准配方的基础上,根据生产情况及实践,通过与国内外专家研讨,选取N、Mg作为因素,利用2因素3水平设计出黄瓜结果期营养液配方,于2014年9月至2015年1月在山东惠民(黄河三角洲国家农业科技园区)进行了配方试验,旨在改良当地的无土栽培黄瓜结果期营养液配方,达到更好的生产效果。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试黄瓜品种为“北斗星”,挑选生长一致、健壮整齐的植株作为试验材料。

1.2 试验方法

试验于2014年9月至2015年1月在山东惠民(黄河三角洲国家农业科技园区)的10 000 m² Venlo 连栋玻璃温室中进行。

参照国内外标准配方^[7-8],根据前人黄瓜无土栽培结果期营养液浓度范围在2.0~2.6 mS/cm的研究结果^[9-10],在引进的澳大利亚格陆谷无土栽培椰糠营养液配方的基础上,设计出试验的浓度梯度,共9个处理(表1),其中处理4为CK。各个处理中钾、钙、磷的含量固定为303、153、41 mg/L,微量元素采用澳大利亚格陆谷

椰糠微量元素配方(表2)。采用NaOH或HNO₃将营养液pH值调节在5.6~6.2。试验中每处理16株,随机排列,3次重复。

表1 氮镁试验设计 mmol/L

处理	N	Mg
T1	12	1.4
T2	12	2.0
T3	12	2.6
T4(CK)	14	1.4
T5	14	2.0
T6	14	2.6
T7	16	1.4
T8	16	2.0
T9	16	2.6

表2 营养液中微量元素含量 mg/L

元素	Fe	Zn	Mn	Cu	B	Mo
含量	2	0.4	0.56	0.06	0.61	0.06

试验区生产工艺仍按照温室内原有生产工艺进行,仅关闭试验区滴箭水肥一体化系统,使用自制的供液罐供液系统,人工配置营养液,控制水肥比例,另建供液管道,安装滴箭及定时器控制供液时间及次数。9月1日开始使用自制供液系统浇施营养液,滴箭流量为2 L/h,定时器最小刻度为15 min,即每次浇施量为0.5 L,根据前人对黄瓜需水量的研究,确定每天白天浇施1~4次,夜间不浇施。阴雨天每天每株0.5~1.0 L;晴天每天每株1~2 L。

蔬菜生长环境复杂,各因子不同程度地影响着蔬菜的生长和发育。该试验采用基质培,进行人工定量浇灌营养液,所用基质的理化性状处于同一水平,定量浇灌营养液保证了肥料的绝对投入量与试验设计的一致,大大减少了系统误差对试验结果的影响。该试验是于2014年9月至2015年1月进行的,一年四季光温条件各不相同,而蔬菜对温度、光照最为敏感,所以这些环境因子在很大程度上影响着试验结果。前人的研究表明,植株体内硝酸还原酶的调控基因在受到NO₃⁻激活后,光因子能影响该基因的表达水平^[11-12]。该试验过程中采取一些积极措施,如考虑试验分区时选取内遮阳、外遮阳、内保温设施等同时开闭的区域,来减少环境差异对试验结果的影响。

处理时,随机选取不同处理的6株黄瓜植株,在试验现场测定形态指标及产量,在北京市农林科学院蔬菜研究中心测定生理指标,3次重复。

1.3 项目测定

现场指标的测定:株高测定采用10 m钢卷尺;茎粗测定采用游标卡尺;单果重、单株产量测定采用1 000 g电子天平;瓜长、瓜茎测定采用30 cm直尺。

送检指标的测定:叶绿素含量测定采用80%丙酮浸提比色法^[12];维生素C含量测定采用铝蓝比色法;可溶

性糖含量测定采用丙酮比色法^[12];可溶性固形物含量测定采用折光仪法;硝酸盐含量测定采用紫外分光光度法。

2 结果与分析

2.1 不同营养液处理对黄瓜营养生长和产量的影响

由表 3 可知,处理 5 黄瓜的株高最高达到 798.78 cm,茎粗最高达到 10.23 mm,叶片最多达到 83 片。各处理株高、茎粗和叶片数与 CK 无显著差异,说明不同营养液对黄瓜植株株高、茎粗、叶片数的增减没有显著影响。

处理 T5 黄瓜的单果重最大达到 166.91 g,瓜长最长达到 24.2 cm,瓜茎最粗达到 3.1 cm。各处理的单果重、瓜茎、瓜长与 CK 无明显差异,说明不同营养液对黄

瓜单果重、瓜茎、瓜长的增减没有显著影响。分析造成这种现象的可能原因为这些指标主要是由黄瓜品种以及采收果实的成熟度所决定的。但各处理间有一定的差异,处理 T4 的单果重最小,处理 T5 单果重最大;处理 T6 的瓜长最短,处理 T5 的瓜长最长;其它各处理间差异不显著。

单株产量方面各处理的数据显示,处理 CK 产量最低,处理 T2、处理 T5、处理 T6、处理 T7、处理 T8 与 CK 差异显著,均有显著增产作用,其中处理 T5 黄瓜的单株产量达到最高为 9 208 g,增产 1 861 g/株,说明改良营养液后可以显著提高黄瓜产量。

表 3 不同营养液处理对黄瓜营养生长和产量的影响

处理	株高/cm	茎粗/mm	叶片数/个	单果重/g	瓜长/cm	瓜茎/cm	单株产量/g
T1	772.22a	9.81a	82a	149.61a	22.3ab	3.0a	8 279abcd
T2	768.63a	9.46a	80a	162.52a	21.8ab	3.0a	8 533bcd
T3	760.62a	9.86a	82a	148.52a	21.9ab	3.0a	7 872abc
T4(CK)	781.38a	9.05a	83a	138.17a	21.0ab	3.0a	7 347a
T5	798.78a	10.23a	83a	166.91a	24.2b	3.1a	9 208d
T6	733.27a	9.98a	78a	162.43a	20.4a	3.1a	8 582bcd
T7	788.03a	9.75a	81a	162.22a	23.0ab	3.0a	8 489bcd
T8	759.42a	9.44a	81a	164.33a	21.7ab	3.1a	8 846cd
T9	792.53a	9.49a	82a	139.81a	21.2ab	3.0a	7 666ab

注:采用 Tukey 方差分析方法,同一列内不含相同字母表示差异显著,小写字母表示不同处理间的差异显著性, ($P < 0.05$),下同。

总之,不同营养液对黄瓜营养生长和产量有一定影响。与 CK 对照组相比,处理 T5 的黄瓜植株株高、茎粗、叶片数、单果重、瓜长和瓜茎都有一定程度的增加。与 CK 对照组相比,处理 T5 的营养液可以达到增产的效果。

2.2 不同营养液处理对黄瓜品质和叶片叶绿素的影响

从表 4 可以看出,处理 T2、T3、T5 黄瓜的维生素 C 含量最高达到 11.10 mg/100g FW,与 CK 差异不显著,说明改良营养液后可以提高黄瓜维生素 C 含量。处理 T5 黄瓜的可溶性糖含量最高达到 1.97%,处理 T5 与 CK 差异显著,说明处理 T5 营养液后可以提高黄瓜可溶性糖含量。维生素 C 含量和可溶性糖含量高,在一定程度上改善了黄瓜品质。

表 4 不同营养液处理对黄瓜品质和叶片叶绿素的影响

处理	维生素 C 含量/(mg · (100g) ⁻¹ FW)	可溶性糖含量/%	可溶性固形物含量/%	硝酸盐含量/(mg · kg ⁻¹)	叶绿素含量/(mg · (100g) ⁻¹ FW)
T1	9.09ab	1.59a	3.6b	347f	144.19c
T2	11.10b	1.60a	3.8cd	330f	134.85a
T3	11.10b	1.62a	3.4a	257d	139.05b
T4(CK)	9.08ab	1.55a	3.4a	202c	146.71d
T5	11.10b	1.97b	4.0de	129a	159.39g
T6	8.08ab	1.57a	3.8c	217c	152.33f
T7	7.07ab	1.49a	3.4a	156b	145.86cd
T8	6.06a	1.64a	4.1de	294e	159.76g
T9	9.09ab	1.61a	3.8cd	244d	149.68e

总之,不同营养液对黄瓜品质和叶片叶绿素含量有显著影响。与 CK 对照组相比,处理 T5 的黄瓜维生素 C

可溶性固形物(TTS)含量是判定果实品质的一项重要指标^[13],处理 T5 可溶性固形物含量达到 4.0%,与 CK 差异显著,但与最高值处理 T8 差异不显著。说明处理 T5 营养液可以提高黄瓜可溶性固形物含量。

硝酸盐在人体内可以转化为致癌物质亚硝酸盐,它在蔬菜中的标准含量是不高于 432 mg/kg。处理 T5 的黄瓜硝酸盐含量最低为 129 mg/kg。处理 T5 与其它 8 个处理均差异显著,表明处理 T5 营养液有降低黄瓜产品中硝酸盐含量的趋势。

处理 T5 的叶绿素含量达到 159.39 mg/100g FW,与 CK 差异显著,但与最高值处理 T8 差异不显著。说明处理 T5 营养液可以提高叶片叶绿素含量。

含量、可溶性糖含量、可溶性固形物含量均有显著地增加,在一定程度上改善了黄瓜品质;同时起到了降低黄

瓜中硝酸盐含量的作用并提高了叶片的叶绿素含量。

3 结论与讨论

该试验是为了达到黄瓜的高产,同时避免叶片发黄的生理障碍造成减产而设计的。该试验最终优选出的配方是 N 14 mmol/L, Mg 2 mmol/L。该优化配方相比原有引进配方显著提高了黄瓜品质,其中,维生素 C 含量达到 11.10 mg/100g FW,可溶性糖含量达到 1.97%,可溶性固形物含量达到 4.0%;硝酸盐含量降低到 129 mg/kg;并提高叶片叶绿素含量到 159.39 mg/100g FW。黄瓜的单株

产量达到 9 208 g,增加 1 861 g/株,显著达到了增产效果。

表 5 列出了各营养液配方中大量元素 N 和 Mg 的具体投入量,相比较可以看出,适合山东惠民的优选营养液配方与日本山崎黄瓜配方比较接近,试验结果显示该营养液应用效果良好,黄瓜瓜条均匀,单株结瓜率高。华南农业大学营养液配方 N、Mg 的含量均低于试验优选配方,这与我国南北方土壤、水文等差异大有关。从总产量与经济效益分析,与原配方对比,试验优选配方增加的经济效益大于肥料的投入。

表 5

营养液配方对比

mmol/L

营养液配方名称	日本园试配方	日本山崎黄瓜配方	荷兰温室作物研究所	Hewitt 配方	Rothamsted 配方	Hoagland 配方	华南农业大学果菜	原配方(CK)	试验优选配方
N	17.33	14	11	15.0	9.89	15	8	14.0	14
Mg	2.00	2	1	1.5	2.03	2	1	1.4	2

黄瓜的生育期短,试验是于 2014 年 9 月至 2015 年 1 月进行的,由于营养液受温度、光照的影响较大,所以优选出的结果比较有季节针对性,建议接下来就春夏茬营养液配方再深入探讨,确定出适合山东惠民全年推广的营养液配方。由于时间和生产基地等条件限制,该试验结果是以黄瓜的结果期为研究范畴,建议接下来的试验能在黄瓜的生长期和全生长期优化规模化无土栽培营养液,为今后的农业结构转型为大规模生产、优质高效农业服务。

参考文献

- [1] 刘建,周长吉.日光温室结构优化的研究进展与发展方向[J].内蒙古农业大学学报(自然科学版),2007,28(3):264-268.
- [2] 李俊良,陈新平,李晓林,等.大白菜氮肥施用的产量效应、品质效应和环境效应[J].土壤学报,2003(2):261-266.
- [3] MARSCHNER H. Mineral nutrition of higher plants[M]. London: Academic Press Inc, 1986: 235-243.
- [4] ZIELINSKI R E, PRICE C A. Relative requirements for magnesium of protein and chlorophyll synthesis in *Euglenagracilis* [J]. Plant Physiol, 1978, 61: 624-625.
- [5] MARSCHNER H, CAKMAK I. High light intensity enhances chlorosis

and necrosis in leaves of zinc, potassium and magnesium deficient bean (*Phaseolus vulgaris*) plants[J]. Plant Physiol, 1989, 134: 308-315.

- [6] CAKMAK I. Activity of ascorbate-dependent H_2O_2 -scavenging enzymes and leaf chlorosis are enhanced in magnesium-deficient and potassium-deficient leaves, but not in phosphorus-deficient leaves [J]. Journal of Experimental Botany, 1994, 45(278): 1259-1266.
- [7] 郭世荣. 无土栽培学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2011.
- [8] 山崎肯哉. 营养液栽培大全[M]. 北京: 北京农业大学出版社, 1989: 24-25.
- [9] 艾绍英, 柯玉诗, 姚建伟, 等. 氮钾营养对大青菜产量、品质和生理指标的影响[J]. 华南农业学报, 2001, 22(2): 11-14.
- [10] 陈琅, 杨晓晴, 冯恭衍. 以色列温室黄瓜高产与周年生产栽培技术[J]. 上海蔬菜, 2002(1): 17-18.
- [11] ALMEIDA-CORTEZ J, SHIPLEY B, ARNASON J T. Effects of nutrient availability on the production of pentacyclic, a secondary compound related to defense, in *Rudbeckia hirta* [J]. Plant Species Biology, 2003, 18(2-3): 85-89.
- [12] van WASSENHOVE F A, DIRINCK P J, SCHAMP N M, et al. Effect of nitrogen fertilizers on celery volatiles [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1990, 38(1): 220-226.
- [13] 高俊凤. 植物生理学实验技术[M]. 西安: 世界图书出版公司, 2000.
- [14] 李文饶, 李建设. 不同施肥条件下迷你黄瓜、樱桃番茄果实和土壤硝酸盐含量变化规律研究[D]. 银川: 宁夏大学, 2004.

Study on Coconut Chaff Nutrient Solution Formula for Cucumber During Fruit-bearing Stages in Soilless Culture

SUI Minghao¹, ZHANG Tianzhu^{1,2}

(1. Institute of Hydraulic and Civil Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083; 2. Futong Company of China Agricultural University, Beijing 100083)

Abstract: Using 'Dipper' cucumber as test materials, the effect of double factor N and Mg in three different levels of nutrient solution on cucumber growth, yield, quality and the chlorophyll were studied, cucumber soilless cultivation of coconut chaff nutrient solution formula had been optimized. The results showed that when the content of N and Mg was 14 mmol/L and 2 mmol/L, could improve quality of cucumber, reduce the nitrate content, increase the chlorophyll content, increase yield and improve the economic benefit. In the process of large-scale production, considering the actual situation, the content N and Mg could have small fluctuations on the average.

Keywords: cucumber; production technology; nutrient solution; quality