

董金龙,李 汛,段增强,等. CO₂ 施肥对设施黄瓜生长和土壤氮素转化的影响[J]. 江苏农业科学,2016,44(2):195–200.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.02.056

CO₂ 施肥对设施黄瓜生长和土壤氮素转化的影响

董金龙^{1,2}, 李 汛¹, 段增强¹, 薛 鹤^{1,2}

(1. 中国科学院南京土壤研究所土壤与农业可持续发展国家重点实验室,江苏南京 210008; 2. 中国科学院大学,北京 100049)

摘要:在开顶式生长箱(OTCs)内,以津美3号和津绿婉美2个黄瓜品种为材料,研究添加不同氮条件下CO₂施肥对黄瓜干物质积累、土壤微生物生物量的影响。结果发现:(1)与对照大气CO₂浓度相比,CO₂施肥显著提高了黄瓜产量,其中施氮时的津美3号产量提高27.0%,不施氮时津绿婉美产量提高123.2%;CO₂施肥更能促进根系生长量小的津绿婉美根系的生长;CO₂施肥与不施氮更能促进津绿婉美黄瓜茎叶中干物质向果实的分配。(2)CO₂施肥显著提高土壤微生物生物量氮含量,但对土壤微生物生物量碳及土壤有机碳的影响并不显著;CO₂施肥同时提高施氮时土壤铵态氮含量,降低硝态氮含量;CO₂施肥下较高的土壤铵态氮含量与黄瓜产量有显著正相关,正常CO₂供应时土壤铵态氮含量与黄瓜产量无显著相关性。以上结果表明,CO₂施肥对不同设施黄瓜品种生长发育的影响差异很大,同时土壤中氮含量对CO₂施肥效果有较大的影响。

关键词:CO₂施肥;产量;土壤微生物生物量;氨氧化;氮素形态

中图分类号:S642.206 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2016)02-0195-05

近年来我国设施蔬菜产业发展迅速。设施大棚,尤其是冬暖式高温棚,棚室密封,CO₂缺乏严重,甚至接近或达到CO₂补偿点^[1-3]。在相对密闭的设施生产条件下进行CO₂施肥可以提高蔬菜光合作用,促进蔬菜产量和品质的提高^[4-6]。但是,CO₂施肥的效果受到植物遗传和环境等因素的影响^[7-8],因此设施蔬菜生产中进行CO₂施肥时首先要考虑品种的选择。如不同的植物,尤其是C₃和C₄植物对CO₂的响应差别很大^[9-10]。设施蔬菜各品种往往具有不同的根系生长能力和氮素生理利用率。这些因素极大地影响植物在CO₂施肥下的光合作用和氮素代谢^[7,10],从而导致不同品种对CO₂施肥的响应程度有所不同^[11]。目前国内外,尤其是对CO₂施肥下设施蔬菜品种响应的研究工作较少。

此外,CO₂施肥在提高植物生物量的同时,常因为作物组织氮素浓度下降,氮供应不足而限制作物产量的提高^[12-14],因此需要进行充足的氮素进行配合施用以达到高产的目的^[15]。但过量的氮肥施用,也容易造成土壤次生盐渍化、酸化及土壤生物活性恶化等问题^[16]。氨氧化作为硝化过程中最重要的限速过程近年来受到较多关注^[17-18]。由于土壤水分、有机碳及铵态氮底物浓度等的差异,CO₂施肥对土壤硝化是否有抑制作用还很难估计^[18-20]。研究还表明较多铵态氮的供应更有利于提高植物对CO₂施肥的响应^[21-24]。因此,CO₂施肥如果限制氨氧化过程可能更有利于设施蔬菜产量的

提高。

综上所述,本试验通过研究广泛种植的2个黄瓜品种在不同氮供应浓度下对CO₂施肥的响应,旨在探讨如何选择良好的设施CO₂施肥栽培品种及土壤氮素的转化过程,并为如何进行氮素的合理配施提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验为3因素随机区组设计。CO₂设2个浓度水平,为400 μmol/mol(对照,大气CO₂浓度,C1),1 200 μmol/mol(C2)。CO₂浓度的控制使用自主设计的CO₂自动控制系统,精度可以控制在±50 μmol/mol以内;土壤氮浓度设2个水平,分别为不施氮(N0)和添加纯N 0.12 g/kg风干土(N1);2个黄瓜品种,分别为津美3号(编号M)、津绿婉美(编号L),种子均在江苏南京金丰种苗有限公司购买。试验共8个处理,每个处理6个重复。

1.2 试验方法

试验在中国科学院南京土壤研究所(南京)温室2个开顶式生长箱内进行。2013年9月1日将黄瓜种子用10%的次氯酸钠消毒15 min,完全清洗后置于25℃恒温培养室中催芽,种子露白播种于装有培养基质的育苗盘内。2013年9月5日于江苏省太仓市取栽培土壤(菜园土,原始土壤为水稻土,土壤性质见表1)并风干,磨细过1 mm筛后保存。移栽前1周,N肥以尿素形式一次性与风干土均匀混合施入土壤中,同时各处理均一次性施用KH₂PO₄和K₂SO₄,其中N:P₂O₅:K₂O质量比为1:0.5:1.2,浇蒸馏水浸透。播种16 d后黄瓜苗长到3叶1心时,定植于装有5 kg风干土的PVC栽培桶中,每个栽培桶定植1株幼苗。移栽5 d后进行CO₂施肥处理。全生长期由温湿度自动记录仪(L95-82,杭州路格科技有限公司),每30 min自动记录1次数据,C1生

收稿日期:2015-03-20

基金项目:国家自然科学基金(编号:41101272);国家科技支撑计划(编号:2014BAD14B04)。

作者简介:董金龙(1988—),男,安徽蚌埠人,博士研究生,主要从事植物营养生理与土壤生态研究。E-mail:jldong@issas.ac.cn。

通信作者:段增强(1963—),男,安徽和县人,硕士,研究员,主要从事设施农业和循环农业研究。E-mail:zqduan@issas.ac.cn。

长箱内温度为(21.4 ± 5.9)℃,相对湿度为(74.2 ± 20.7)%;C3 生长箱内温度为(20.9 ± 5.7)℃,相对湿度为(75.4 ± 21.5)%。移栽 47 d 后收获植株,其间从移栽 36 d 开始采摘黄瓜并记录产量。

表 1 供试土壤基本理化性质

pH 值	EC (μS/cm)	全氮 (g/kg)	水解性氮 (mg/kg)	有机质 (%)	沙粒 (%)	粉粒 (%)	黏粒 (%)	速效磷 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)
8.17	288	0.66	130	1.05	52.8	31.2	16.1	86.9	66

1.3 测定方法

收获的植物样品在 100℃杀青 15 min,70℃烘干至恒质量后称其干质量。土壤相关指标测试主要参考鲁如坤编写的《土壤农业化学分析方法》^[25]。收集的土壤使用化学分析仪(Smartchem200,Alliance,France)测定无机铵态氮、硝态氮和亚硝态氮;土壤有机碳(DOC)、微生物生物量碳(MBC)、微生物生物量氮(MBN)由 TOC 测定仪(Multi N/C 3100,analytic jena,Germany)测定。试验用土基本理化指标中土壤 pH 值和 EC 值分别用 pH 计(DDS-320,上海康仪)和电导率仪(PHS-3C,上海康仪)测定;土壤全氮经 H₂SO₄-HClO₄ 消煮,化学分析仪(Smartchem200,Alliance,France)测定;水解性氮滴定测定;土壤有机质使用重铬酸钾外加热法测定;土壤质地由激光粒度分析仪(LS13320,BeckmanCoulter,USA)测定;

土壤速效磷和速效钾含量分别使用紫外可见分光光度计(WFZ UV-2000,广州北锐)和火焰光度计(FP640,上海精密科学仪器有限公司)测定。

1.4 数据分析

试验数据用 Excel 2007 和 SPSS 19 软件进行统计分析,Duncan’s 法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 黄瓜生长发育状况

津美 3 号种子活力高,1 d 后露白即播种;津绿婉美 2 d 后才露白并播种。全生育期内津美 3 号品种长势更好。2 个品种的生长差异显著(表 2)。

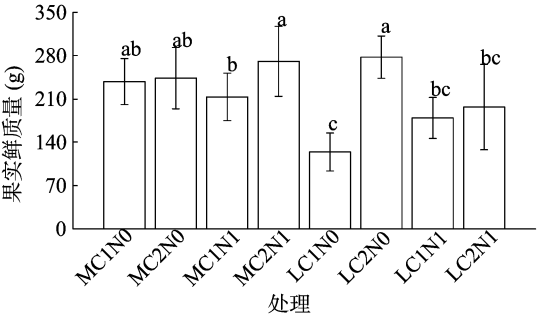
表 2 基本测试指标方差分析结果

来源	果实鲜质量	根干质量	茎干质量	叶干质量	总干质量	根冠比	DOC	MBC	MBN	MBC/MBN	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻
CO ₂	NS	**	NS	*	NS	*	NS	NS	**	**	NS	*
N	NS	**	NS	*	NS	*	NS	NS	NS	*	NS	*
C	*	**	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS
CO ₂ × N	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS
CO ₂ × C	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*
N × C	NS	**	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS	*

注:C 表示品种;*、**和 NS 分别表示方差分析有极显著差异、显著差异和没有显著差异。

2.2 黄瓜产量与干物质积累

CO₂ 施肥显著提高了黄瓜产量,如在施氮时 CO₂ 施肥提高津美 3 号黄瓜产量 27.0%,不施氮下 CO₂ 施肥提高津绿婉美黄瓜产量 123.2%(图 1)。CO₂ 施肥能够显著提高根系的干质量和干物质分配(表 3 和图 2)。不施氮时,CO₂ 施肥对津绿婉美根系干质量的提高程度更大,达到 87.1%,但津美 3 号根干物质的分配更多。供氮浓度提高后,津绿婉美黄瓜根干质量提高程度下降,为 57.5%;但津美 3 号黄瓜根干质量提高程度由 29.4%升高到 57.0%。CO₂ 施肥促进总干物质的积累,其中对不施氮津绿婉美干物质积累影响最大,达到 47.5%,这一品种在施氮时干物质积累提高程度反而下降。



数据用平均值±标准差表示,不同小写字母表示处理间差异达到5%显著水平,下同。

图 1 不同CO₂和氮处理下2种不同黄瓜品种的产量

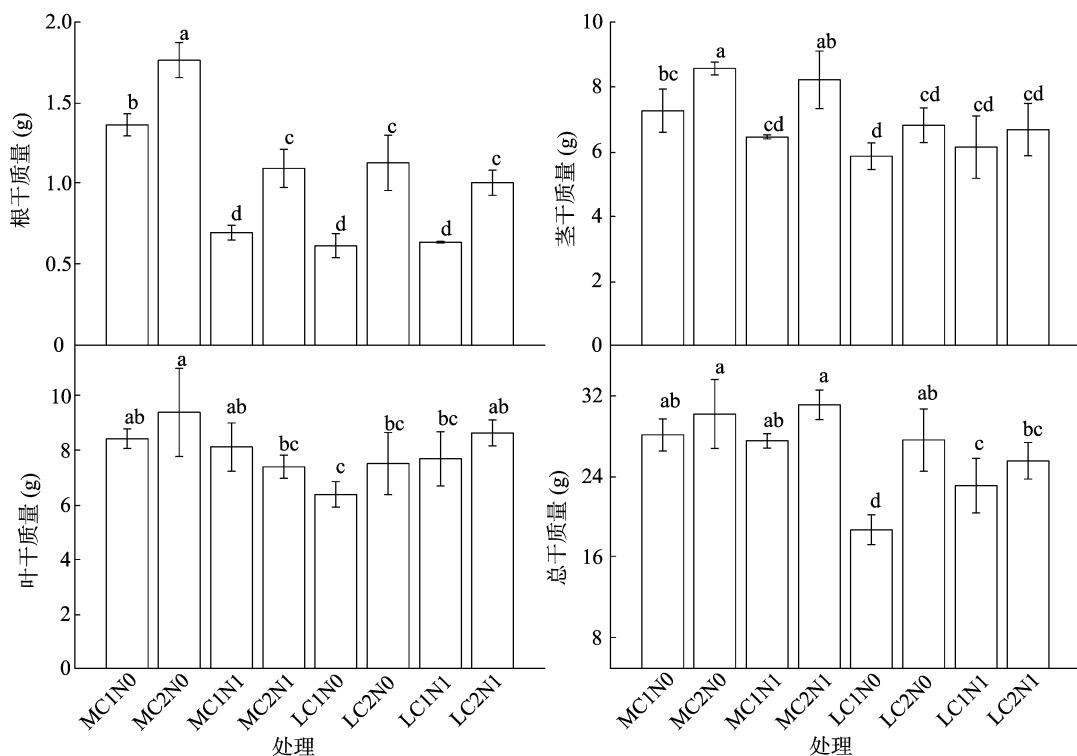
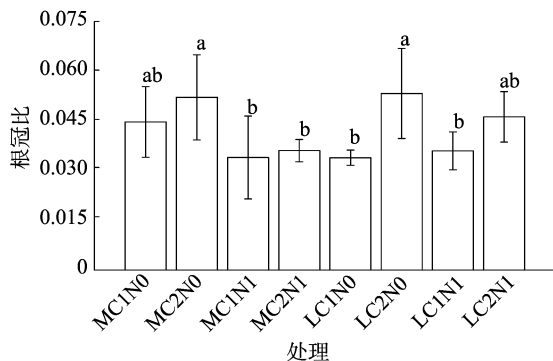
表 3 各器官干物质的分配比例 %

处理	根	茎	叶	瓜
MC1N0	4.82	25.66	29.91	39.61
MC2N0	5.65	27.43	30.19	36.73
MC1N1	2.75	25.45	32.19	39.61
MC2N1	3.71	27.86	25.19	43.23
LC1N0	3.29	31.24	34.22	31.25
LC2N0	3.96	23.84	26.43	45.78
LC1N1	2.78	26.74	33.66	36.82
LC2N1	3.92	26.04	33.85	36.18

CO₂ 施肥倾向于提高黄瓜根冠比,其中不施氮下津绿婉美品种的根冠比显著提高(图 3)。CO₂ 施肥对茎、叶和瓜干物质分配的影响与果实产量密切相关。CO₂ 施肥下,施氮处理的津美 3 号和不施氮处理的津绿婉美果实产量都有显著提高,干物质分配也增加;同时其对应叶片的干物质分配都下降,甚至不施氮处理的津绿婉美茎干物质分配也下降。

2.3 土壤有机碳、有机氮及无机氮变化

CO₂ 施肥没有显著改变土壤可溶性有机碳含量,但提高了微生物生物量氮含量(图 4 和表 2)。施氮时,CO₂ 施肥降低了津绿婉美品种种植下土壤微生物生物量碳含量和微生物生物量 C/N;不施氮时,CO₂ 施肥反而提高其微生物生物量 C/N。CO₂ 施肥有提高土壤铵态氮含量并降低其硝态氮含量

图2 不同CO₂和氮处理下2种黄瓜品种各器官的干物质量图3 不同CO₂和氮处理下2种不同黄瓜品种的根冠比

的趋势,对总无机氮(以铵态氮和硝态氮含量之和计;亚硝态氮含量极低,忽略不计)含量的影响不显著(图5)。施氮下2个品种的土壤铵态氮含量都显著提高,津美3号品种提高得更为明显;同时施氮下津绿婉美种植土壤硝态氮含量下降最显著。

3 讨论

3.1 2个品种对CO₂施肥响应的差异

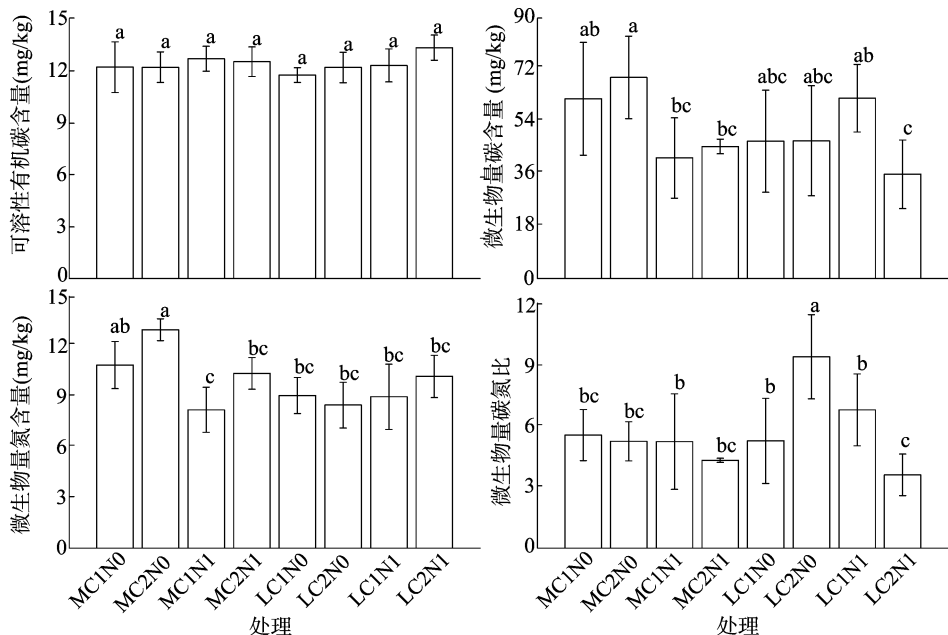
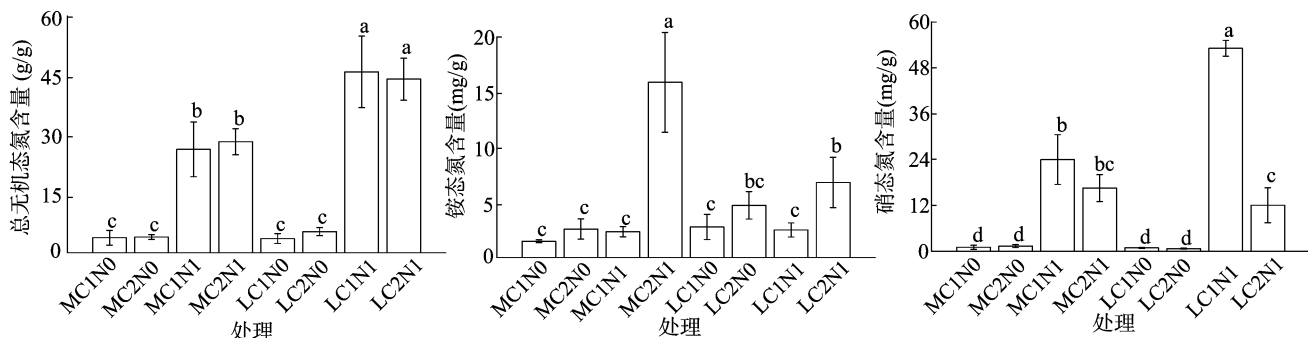
津美3号和津绿婉美对CO₂施肥响应存在一定差异。整个发育过程,津美3号出芽更早;在氮素供应不充足时,植株向根系的干物质分配量更多,根系生长旺盛,植株获取养分的能力强,从而造成其总干物质积累明显高于津绿婉美,这可能与津美3号选育目标更为针对低温弱光的温室环境有关^[26]。

CO₂施肥下2个黄瓜品种产量和干物质积累的变化都表明,不同品种黄瓜对CO₂施肥的响应显著不同。由于遗传因

素的不同,研究表明不仅是不同物种,甚至同一物种不同品种对高CO₂浓度的响应也不同^[27-28],这种响应与环境养分供应同样有密切关系^[15]。CO₂施肥使得不施氮时津绿婉美的产量和干物质增加最多,可能归因于CO₂施肥补足了此时黄瓜生长缺N最大限制因子。首先遗传水平上,津绿婉美根系生长弱于津美3号,CO₂施肥对津绿婉美根冠比的促进作用最大。为了适应CO₂施肥下出现的缺氮现象,植株通过增加根系的生长获得更多的养分^[29-30]。其次,CO₂施肥促进了不施氮供应条件下干物质向果实内的分配。氮浓度高时,植物更倾向于进行营养生长,干物质向果实的分配下降^[31],导致施氮时产量的增加反而并不显著。同时,不施氮下CO₂施肥导致津绿婉美干物质累积甚至高于施氮处理。这也表明即使在CO₂施肥时,施氮对这一品种的生长仍然有抑制作用。

3.2 CO₂施肥对土壤碳、氮转化的影响

CO₂施肥促进植物生长,同时也能促进植物向根际分泌有机物^[32-33]。但本研究中可溶性有机碳变化并不明显,这可能是因为在温室高湿环境下,植物分泌的较多有机物同样较快地被分解^[34]。可利用有机碳源的增加也必然促进土壤微生物生物量氮的提高。但由于施氮抑制津绿婉美干物质的积累,施氮下CO₂施肥可能促进根际微生物组成的演变^[35-36],导致土壤微生物生物量碳下降。津美3号具有更大的根系生物量,分泌的较多有机物促进植物微生物的生长,更多地利用土壤中的氮素,形成土壤微生物生物量氮^[37-38]。本试验中CO₂施肥并没有显著降低土壤中总无机态氮的含量,因此微生物利用的氮素主要来源于根系分泌的有机氮素和土壤矿化氮,这就有利于异养微生物的生长,进而导致土壤自养氨氧化微生物竞争能力下降。这可能是CO₂施肥导致氨氧化活性降低、铵态氮含量提高的原因之一^[19,39]。

图4 不同CO₂和氮处理下土壤有机碳与微生物生物量变化图5 不同CO₂和氮处理下2种不同黄瓜品种种植下的土壤无机氮变化

3.3 CO₂ 施肥下黄瓜产量与土壤氮形态关系

试验表明 CO₂ 施肥下微生物生物量氮与黄瓜产量有显著正相关性($r=0.402^*$),而非 CO₂ 施肥时却没有显著相关性。一方面由于土壤氮素往往是微生物生长的重要限制因子^[40],施入土壤的氮会很快被微生物吸收转化为微生物氮,微生物氮是土壤肥力的重要指标之一^[41],CO₂ 施肥促进土壤氮向微生物生物量氮的转化,提高土壤供肥能力。另一方面,CO₂ 施肥的黄瓜产量与土壤铵态氮含量有显著正相关性($r=0.424^*$),而非 CO₂ 施肥时却没有相关性($r=-0.076$)。这表明 CO₂ 施肥对植物生长的促进作用与供氮形态可能密切相关^[21,23]。CO₂ 施肥由于抑制光呼吸,对硝态氮还原为铵态氮的过程具有负效应,从而降低植物氮含量,产生光合适应^[10,21]。因而适当提高土壤中铵态氮浓度有利于提高植株对 CO₂ 施肥的响应,缓解植株光合适应进而提高黄瓜的产量。

4 结论

在氮素供应水平较低时,CO₂ 施肥可使得津绿婉美黄瓜的产量提高 123.2%;而施氮时,津美 3 号品种更具有增产优势,产量可提高 27.0%,津绿婉美品种并不适合高氮栽培;同

时产量增加的不同也与 2 个品种根系发育和干物质分配对 CO₂ 施肥的响应不同有关。CO₂ 施肥促进土壤微生物生物量氮的形成,但这部分氮可能来源于土壤有机氮。有机氮矿化的增加提高土壤异养微生物活性,进而抑制土壤自养微生物氨氧化过程,提高土壤氨态氮含量。由于 CO₂ 施肥下,硝态氮供应抑制植物氮代谢过程,土壤氨态氮含量的升高能够显著提高黄瓜产量。但本试验研究时间较短,并没有对土壤微生物种类进行全面分析,氮转化的内在机理仍需要进一步深入研究。

参考文献:

- [1] 喻景权. “十一五”我国设施蔬菜生产和科技进展及其展望[J]. 中国蔬菜, 2011, (2): 11-23.
- [2] 汪永钦, 刘荣花, 王良启. 日光温室蔬菜栽培中人工增施 CO₂ 技术[J]. 应用气象学报, 1997, 8(4): 76-84.
- [3] Kläring H P, Hauschild C, HeiBner A, et al. Model - based control of CO₂ concentration in greenhouses at ambient levels increases cucumber yield[J]. Agricultural and Forest Meteorology, 2007, 143(3/4): 208-216.
- [4] Mortensen L M. Review: CO₂ enrichment in greenhouses; crop responses[J]. Scientia Horticulturae, 1987, 33(1/2): 1-25.

- [5] Nederhoff E M. Effects of CO₂ concentration on photosynthesis, transpiration and production of greenhouse fruit vegetable crops [D]. Wageningen: Agricultural University, 1994: 1–11.
- [6] Jin C W, Du S T, Wang Y E, et al. Carbon dioxide enrichment by composting in greenhouses and its effect on vegetable production [J]. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 2009, 172 (3): 418–424.
- [7] Leakey A D, Ainsworth E A, Bernacchi C J, et al. Elevated CO₂ effects on plant carbon, nitrogen, and water relations: six important lessons from FACE [J]. Journal of Experimental Botany, 2009, 60 (10): 2859–2876.
- [8] Körner C. Plant CO₂ responses: an issue of definition, time and resource supply [J]. New Phytologist, 2006, 172 (3): 393–411.
- [9] Wand S J, Midgley G, Jones M H, et al. Responses of wild C₄ and C₃ grass (Poaceae) species to elevated atmospheric CO₂ concentration: a meta-analytic test of current theories and perceptions [J]. Global Change Biology, 1999, 5 (6): 723–741.
- [10] Long S P, Ainsworth E A, Rogers A, et al. Rising atmospheric carbon dioxide: plants FACE the future [J]. Annual Review of Plant Biology, 2004, 55: 591–628.
- [11] Yelle S, Beeson R C, Trudel M J, et al. Duration of CO₂ enrichment influences growth, yield, and gas exchange of two tomato species [J]. Journal of the American Society for Horticultural Science, 1990, 115 (1): 52–57.
- [12] Cotrufo M F, Ineson P, Scott A Y. Elevated CO₂ reduces the nitrogen concentration of plant tissues [J]. Global Change Biology, 1998, 4 (1): 43–54.
- [13] Stitt M, Krapp A. The interaction between elevated carbon dioxide and nitrogen nutrition: the physiological and molecular background [J]. Plant Cell & Environment, 1999, 22 (6): 583–621.
- [14] Kirschbaum M U. Does enhanced photosynthesis enhance growth? Lessons learned from CO₂ enrichment studies [J]. Plant Physiology, 2011, 155 (1): 117–124.
- [15] Reich P B, Hobbie S E, Lee T, et al. Nitrogen limitation constrains sustainability of ecosystem response to CO₂ [J]. Nature, 2006, 440 (786): 922–925.
- [16] Min J, Shi Wei M, Xing G X, et al. Effects of a catch crop and reduced nitrogen fertilization on nitrogen leaching in greenhouse vegetable production systems [J]. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 2011, 91 (1): 31–39.
- [17] Chen Y L, Xu Z W, Hu H W, et al. Responses of ammonia-oxidizing bacteria and archaea to nitrogen fertilization and precipitation increment in a typical temperate steppe in Inner Mongolia [J]. Applied Soil Ecology, 2013, 68: 36–45.
- [18] Norton J M, Stark J M. Regulation and measurement of nitrification in terrestrial systems [J]. Methods in Enzymology, 2011, 486: 343–368.
- [19] Horz H P, Barbrook A, Field C B, et al. Ammonia-oxidizing bacteria respond to multifactorial global change [J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2004, 101 (42): 15136–15141.
- [20] Zhang Y, Chen X, Zhang C, et al. Availability of soil nitrogen and phosphorus under elevated and temperature in the Taihu Lake Region, China [J]. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 2014, 177 (3): 343–348.
- [21] Bloom A J, Burger M, Rubio Asensio J S, et al. Carbon dioxide enrichment inhibits nitrate assimilation in wheat and *Arabidopsis* [J]. Science, 2010, 328 (5980): 899–903.
- [22] Bloom A J, Smart D R, Nguyen D T, et al. Nitrogen assimilation and growth of wheat under elevated carbon dioxide [J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2002, 99 (3): 1730–1735.
- [23] Cruz J L, Alves A C, Lecain D R, et al. Effect of elevated CO₂ concentration and nitrate: ammonium ratios on gas exchange and growth of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) [J]. Plant and Soil, 2014, 374 (1/2): 33–43.
- [24] Carlisle E, Myers S, Raboy V, et al. The effects of inorganic nitrogen form and CO₂ concentration on wheat yield and nutrient accumulation and distribution [J]. Frontiers in Plant Science, 2012, 3: 1–13.
- [25] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法 [M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2000: 231–233.
- [26] 韩毅科, 杜胜利, 魏爱民, 等. 利用未受精子房培养技术育成黄瓜新品种“津美3号” [J]. 园艺学报, 2010, 37 (3): 509–510.
- [27] Watkins C B, Manzano-mendez J E, Nock J F, et al. Cultivar variation in response of strawberry fruit to high carbon dioxide treatments [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 1999, 79 (6): 886–890.
- [28] Ziska L H. Morris C F and goins E W. Quantitative and qualitative evaluation of selected wheat varieties released since 1903 to increasing atmospheric carbon dioxide: can yield sensitivity to carbon dioxide be a factor in wheat performance? [J]. Global Change Biology, 2004, 10 (10): 1810–1819.
- [29] Jackson R B, Cook C W, Phippen J S, et al. Increased belowground biomass and soil CO₂ fluxes after a decade of carbon dioxide enrichment in a warm-temperate forest [J]. Ecology, 2009, 90 (12): 3352–3366.
- [30] Rogers H H, Prior S A, Runion G B, et al. Root to shoot ratio of crops as influenced by CO₂ [J]. Plant and Soil, 1995, 187 (2): 229–248.
- [31] Marschner P. Marschner's mineral nutrition of higher plants [M]. 3rd ed. London: Academic Press, 2012: 135–151.
- [32] Hoosbeek M R, Li Y, Scarascia-Mugnozza G E. Free atmospheric CO₂ enrichment (FACE) increased labile and total carbon in the mineral soil of a short rotation poplar plantation [J]. Plant and Soil, 2006, 281 (1/2): 247–254.
- [33] Freeman C, Fenner N, Ostle N J, et al. Export of dissolved organic carbon from peatlands under elevated carbon dioxide levels [J]. Nature, 2004, 430 (6996): 195–198.
- [34] Kuzyakov Y. Priming effects: Interactions between living and dead organic matter [J]. Soil Biology & Biochemistry, 2010, 42 (9): 1363–1371.
- [35] Fontaine S, Mariotti A, Abbadie L. The priming effect of organic matter: a question of microbial competition? [J]. Soil Biology & Biochemistry, 2003, 35 (6): 837–843.
- [36] Zobel R W, Wright S F. Roots and soil management: interactions between roots and the soil [M] // Cheng W, Kuzyakov Y. Root effects on soil organic matter decomposition. Madison, Wisconsin, USA: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, 2005: 119–143.

孙士咏,郑慧军,郭言言,等. 6 个南瓜杂交组合(F_1)营养成分分析[J]. 江苏农业科学,2016,44(2):200-202.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.02.057

6 个南瓜杂交组合(F_1)营养成分分析

孙士咏, 郑慧军, 郭言言, 王士苗, 孙 丽, 李新峥
(河南科技学院,河南新乡 453003)

摘要:以蜜本南瓜为对照,对 6 个南瓜杂交组合(F_1)果实中的多糖、还原糖、总糖、果胶、氨基酸、水分、胡萝卜素以及 7 种微量元素含量进行了测定。并用主成分分析法比较其营养成分,筛选出营养品质优良的南瓜杂交组合。结果发现,009-1×十姐妹中多糖和还原糖含量以及 Ca、Cu、Mg、Mn、Zn 含量在所有杂交组合中最高;十姐妹×辉 4 中总糖、果胶和水分含量最高;十姐妹×长 2 氨基酸含量最高;甜面瓜×十姐妹 Fe 含量最高;041-1×321 Na 含量和胡萝卜素含量最高。综合营养品质从高到低依次是 009-1×十姐妹、甜面瓜×十姐妹、十姐妹×辉四、041-1×321、蜜本南瓜、十姐妹×长 2、009-1×浙江七叶。

关键词:南瓜;杂交组合(F_1);营养成分;主成分分析

中图分类号: S642.101 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)02-0200-03

南瓜(*Cucurbita moschata*)是葫芦科一年生蔓生植物,栽培历史悠久,适应性广,抗逆性强,是世界性主要蔬菜之一^[1]。南瓜营养价值较高,果肉中富含南瓜多糖、果胶、甘露醇、蛋白质、膳食纤维、维生素、脂肪及人类必需的氨基酸等^[2]。但由于南瓜品种繁多,生态环境条件差异大,形成南瓜营养成分的千差万别。杂种优势现象在瓜类作物中普遍存在,但杂种优势表现的方向和程度不尽相同^[3-4],如车瑞香等研究表明南瓜品种间营养成分的差异是由各个品种的杂交组合和基因型不同造成的^[5]。因此,选育出优良的南瓜杂交组合是开发利用南瓜营养成分的首要条件。

本研究以 6 个南瓜杂交组合(F_1)为材料,对其果实中的多糖、总糖、还原糖、 β -胡萝卜素、果胶、氨基酸、水分、微量元素等营养成分进行测定,旨在筛选出营养品质较高的南瓜组合,为南瓜营养资源利用提供依据。

1 材料和方法

1.1 试验材料

本试验中所使用的材料如表 1 所示。

1.2 试验方法

果胶测定时取果实中部的果皮,然后将其磨碎待测。多糖、总糖、还原糖、 β -胡萝卜素、果胶、氨基酸、水分、微量元素测定时采集果实中部的果肉进行分析测定,各重复 3 次。

水分含量的测定采用鲜质量法^[6],多糖含量测定采用苯酚—硫酸分光光度计法^[7],总糖还原糖含量测定采用斐林试剂法^[8],果胶含量测定采用用咔唑比色法^[9],氨基酸含量测定采用茚三酮比色法^[10],微量元素含量测定采用火焰原子吸收光谱^[11], β -胡萝卜素含量测定用高效液相色谱法^[12]。

表 1 供试南瓜材料来源

供试材料	来源
十姐妹×辉四	河南科技学院南瓜课题组
甜面瓜×十姐妹	河南科技学院南瓜课题组
041-1×321	河南科技学院南瓜课题组
十姐妹×长 2	河南科技学院南瓜课题组
009-1×浙江七叶	河南科技学院南瓜课题组
009-1×十姐妹	河南科技学院南瓜课题组
蜜本南瓜	汕头市金韩种业有限公司

注:蜜本南瓜为对照。

1.3 统计分析方法

用 SPSS 19.0 软件进行主成分分析。

2 结果与分析

2.1 6 个南瓜杂交组合(F_1)的营养成分

6 个南瓜杂交组合(F_1)的主要营养成分含量存在较大差

收稿日期:2015-03-23
基金项目:河南省高校科技创新团队支持计划(编号:2012IRTSTHN016)。
作者简介:孙士咏(1990—),女,硕士研究生,从事蔬菜种质资源的创新和利用研究。E-mail:sunsy085@163.com。
通信作者:李新峥(1965—),男,教授,E-mail:lx2283@126.com。

[37] Hu S, Chapin F S, Firestone M K, et al. Nitrogen limitation of microbial decomposition in a grassland under elevated CO₂ [J]. Nature, 2001, 409(6817): 188-191.
[38] Walker T S, Bais H P, Grotewold E, et al. Root exudation and rhizosphere biology [J]. Plant Physiology, 2003, 132(1): 44-51.
[39] Lesaulnier C, Papamichail D, McCorkle S, et al. Elevated atmospheric CO₂ affects soil microbial diversity associated with trembling

Aspen [J]. Environmental Microbiology, 2008, 10(4): 926-941.
[40] Kuz'yakov Y. Review: factors affecting rhizosphere priming effects [J]. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 2002, 165(4): 382-396.
[41] 孙凤霞, 张伟华, 徐明岗, 等. 长期施肥对红壤微生物生物量碳氮和微生物碳源利用的影响 [J]. 应用生态学报, 2010, 21(11): 2792-2798.