

不同配比的控释肥对日光温室袋培番茄基质养分及其生长、产量和品质的影响

张小兰, 徐 阳, 张金伟, 吴晓阳, 孙周平

(设施园艺省部共建教育部重点实验室, 辽宁省设施园艺重点实验室, 辽宁省设施蔬菜工程实验室,
沈阳农业大学园艺学院, 沈阳 110866)

摘要: 控释肥料由于可控的释放养分, 一次性使用便可以满足作物 4 个多月生育期间对养分的需求, 实现了肥料的高效利用, 在大田中得到重视和应用。在课题组前期袋培番茄营养基质研究的基础上, 根据日光温室番茄养分吸收规律, 在基质中添加不同用量的控释尿素和控释氯化钾, 氮钾比例为 1 : 1.5, 呈 4 倍关系递增, 设置 4 个全生育期营养基质配方处理(A、B、C、D), 以不施肥(CK)和常规施肥(CKT)为对照, 研究了不同处理的袋培基质养分变化及其对番茄植株生长、产量和品质的影响。结果表明: 随着控释肥用量的增大, 番茄植株的长势与产量呈现先增加后降低的趋势, 其中, 处理 C 的应用效果最佳, 基质 EC 值稳定, 试验末期速效氮磷钾含量略低于初始值; 与 CK 比较, 处理 C 株高提高 21.75%、茎粗提高 59.46%、生物量提高 75.12%、产量提高 226.36%, 可溶性糖、可溶性固形物含量较高, 果实品质提高; 与 CKT 相比, 处理 C 的肥料用量少, 基质养分残留少, 养分损失少, 产量提高 24.48%, 肥料利用率高。结果说明, 在生产中, 控释肥不仅可以提高日光温室基质袋培番茄养分利用效率, 而且增加产量, 实现轻简化管理。

关键词: 番茄; 基质袋培; 控释肥; 产量; 品质

中图分类号: S641.3

文献标识码: A

文章编号: 1009-2242(2018)03-0309-06

DOI: 10.13870/j.cnki.stbcbx.2018.03.046

Effects of Controlled Release Fertilizer with Different Ratio on the Substrate Nutrient, Growth, Yield and Quality of Tomato Cultured in Bags in Solar Greenhouse

ZHANG Xiaolan, XU yang, ZHANG Jinwei, WU Xiaoyang, SUN Zhouping

(Key Laboratory of Protected Horticulture, Ministry of Education, Liaoning Key
Laboratory of Protected Horticulture, Key Laboratory of Protected Vegetables Engineering of
Liaoning Province College of Horticulture, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866)

Abstract: As a result of the controlled release of nutrients, controlled release fertilizer (CRF), used once, can meet the nutrient demand of field crops for more than 4 months, which can realize the efficient use of fertilizer. Now it is applied successfully in field crops. For this reason, according to the law of tomato nutrient absorption in solar greenhouse, four kinds of different CRF treatments (A, B, C, D) were established through added different quantity of controlled release urea and potassium chloride into growth-bag substrate, the paper investigated the effects of different CRF treatments on the growth-bag substrate nutrient change, and the growth, yield and quality of tomato in solar greenhouse compared with no fertilizer (CK) and conventional fertilization (CKT). The experiment results showed that with the increase of CRF dosage, tomato plants growth and yield showed a change trend of first increase and then decrease. Among all treatments, the treatment C was the best, of which the substrate EC value was stable, the nutrient content of available nitrogen, phosphorus and potassium in growth-bag substrate of treatment C became slightly lower than that at the beginning; Compared with CK, the plant height increased by 21.75%, the stem width increased by 59.46%, the biomass accumulation increased by 75.12%, the yield increased by 226.36%, and the fruit quality was much improved. Compared with CKT, little nutrient was left in the substrate and the fruit yield increased by 24.48%. The experiment result indicates that CRF could increase the nutrient use efficiency and

fruit yield for substrate growth-bag of tomato in solar greenhouse.

Keywords: tomato; substrate growth-bag; controlled release fertilizer; yield; quality

番茄作为主要的设施蔬菜栽培作物之一,其对养分的需求量很大,生产过程中需要多次追肥以获得高产,但是过量施肥并不会带来持续的增产,多余的养分会残留在土壤中,不仅造成肥料浪费,还会对环境造成威胁。同时,由于传统化学肥料多为速效肥料,养分释放速度快,不能根据作物需肥规律适时供应养分,肥料中的大部分养分容易被淋溶、挥发、固定,养分利用率低。

控释肥料^[1]作为一种新型肥料,可以根据作物生长对养分的需要可控的释放养分,生长初期一次性施入,便可以满足作物整个生育期间对营养的需求,有利于简化肥料管理技术^[2],提高肥料利用率。同时,由于控释肥料养分释放比较缓慢,养分在土壤中累积少,减少了营养元素的损失,还可以避免烧苗现象的发生。控释肥料对于促进作物生长、提高产量和品质有显著影响,与普通尿素相比,可以减少肥料的使用量。王鑫等^[3]研究表明,与普通尿素相比,包膜肥可显著提高番茄产量,即使在养分用量减少 1/3 时,产量依然没有显著降低。龙锦林等^[4]研究表明,在等氮素条件下,控释尿素处理的产量比普通尿素增产 24.55%,氮素减半时,控释尿素处理产量依然高于普通尿素处理。朱余清等^[5]研究表明,减氮 30% 和减量 20% 的控释肥处理对‘中蔬 4 号’番茄生长发育的促进作用最明显,番茄株高、茎粗、生物量、果实重量等显著增大,果实品质大幅提高,番茄的产量和经济效益显著提高。

控释肥料的养分释放期虽然比较长,但是有的控释肥会出现前期供肥不足的问题,因此需要在控释肥的使用中添加底肥。已有研究^[6]表明,有机基质中含有作物需要的大量元素和微量元素,在作物栽培过程中基本不需要再添加微量元素。蒋卫杰等^[7]利用有机基质栽培番茄,定植后 20 d,其基质中氮钾含量有所下降,需要通过追肥补充养分使基质中氮钾的水平维持在一个适宜范围内,而速效磷在基质中消耗较少,并且还有积累的趋势,生产过程中可以减少磷肥的追施量。因此可以考虑将控释肥料与有机基质栽培相结合,既可以满足作物前期对养分的需求,又可以满足作物对后续养分的需求。

目前对于控释肥料的研究多集中于大田作物,而且主要是单一肥料的使用,对于不同养分控释肥料混合使用的研究较少。为此,本试验采用本课题组研制的有机基质袋培方式,通过添加不同用量控释尿素和控释氯化钾,研究不同控释肥处理对日光温室袋培番茄的基质养分动态变化、植株生长、产量和品质的影响。明确日光温室番茄基质袋培最佳控释肥使用量,实现控释肥料一

次性基施,生产后期只浇灌清水,简化劳动程序,提高生产效率的目的,为日光温室番茄基质袋培生产的标准化与轻简化管理提供理论与技术指导。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验于 2016 年 3—7 月在沈阳农业大学科研基地 28 号辽沈 II 型日光温室进行,番茄品种为‘DF09’,供试基质由本课题科研团队自行研发,主要原料以牛粪和草炭为主,其基本理化性质为:pH 6.39,EC 1.97 mS/cm,容重 0.51 g/cm³,孔隙度 78.94%,碱解氮 423.11 mg/kg,速效磷 336.25 mg/kg,速效钾 2 651.31 mg/kg。试验中所用控释尿素(N 43%)和控释氯化钾(K₂O 57%)由中科院沈阳应用生态所提供,试验所用速溶平衡复合肥(黄博 1 号)养分比例为 22-12-16,速溶高钾复合肥(黄博 2 号)养分比例为 19-6-25。

1.2 试验设计

试验共 2 个对照,4 个配方处理,分别为 CK(基质中不添加任何肥料),CKT(传统施肥方案:苗期和花期施用速溶平衡复合肥 5 d/次,盛果期施用速溶高钾复合肥 5 d/次,拉秧前 1 个月停止施肥),配方 A、B、C、D(整体养分供应按照 N:K₂O=1:1.5,基质中添加不同用量控释尿素和控释氯化钾),各配方处理养分添加量见表 1,试验所用控释肥料一次性基施,后期不再进行追肥。试验采用黑白膜基质袋培方式,栽培袋长×宽×高为 50 cm×20 cm×10 cm,每袋装 0.01 m³ 基质,定植 2 株番茄,株距 30 cm,行距 100 cm,每个处理的小区面积为 5 m²,共定植 20 株番茄。试验采用滴箭配套全自动灌水设备进行浇水。番茄进行单干整枝,番茄留 5 穗果进行掐尖,日常管理依照番茄高产管理方式。每个处理重复 3 次,随机排列。

表 1 各处理养分添加量 单位:kg/m³

养分	A	B	C	D
N	0.43	0.86	1.29	1.72
K ₂ O	0.65	1.29	1.94	2.58

1.3 取样及测定

番茄植株三叶一心时定植,定植后 1 个月开始测定形态指标,包括株高(茎基部到生长点之间的距离)、茎粗(生长点以下 4~5 片茎的直径),之后每隔 15 d 测定 1 次。定植后 45,75 天对植株进行两次破坏性取样,测定其不同部位生物量。定植后 45,75,120 天对基质进行取样,测定其理化性质,包括 EC 值(土水 1:5 浸提)、碱解氮(碱解扩散法)、速效磷(碳酸氢钠浸提—钼锑抗比色法)和速效钾(醋酸铵浸

提一火焰光度法)^[8]。番茄果实成熟后进行测产,计算其单株坐果数、平均单果重、单株产量和小区产量,选取同一时期果实进行果实品质测定,包括可溶性还原糖(蒽酮法)、有机酸(酸碱滴定)、可溶性固形物(折光计)、Vc(钼蓝比色法)、硝酸盐(水杨酸法)^[9]。

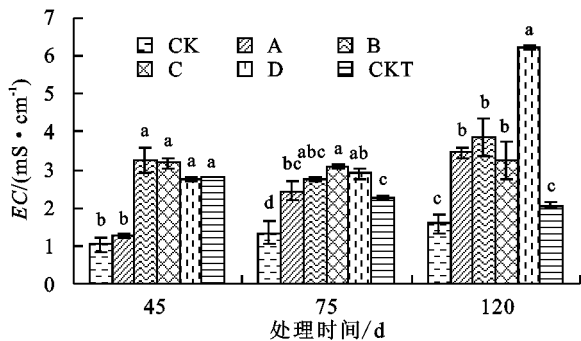
1.4 数据处理和分析

本试验采用 Excel 2010 进行数据处理,DPS 软件进行数据显著性分析。

2 结果与分析

2.1 不同处理对基质养分动态的影响

2.1.1 不同处理对基质 EC 的影响 由图 1 可知,基质 EC 值可以反映基质内养分水平,整个生育期间,添加肥料的各处理的 EC 值均高于 CK。定植后 45 d,处理 B、C、D、CKT 的 EC 值均显著高于 CK,且高于初始值 1.97。定植后 75 d,添加肥料各处理的 EC 值均显著高于 CK,处理 A、D 的 EC 值相比 45 天时增加 95.74%,5.46%,处理 B、C 与 45 d 时相比减少 14.65%,2.10%,但是各处理 EC 值依然高于初始值,添加控释肥处理的 A、B、C、D 高于 CKT 8.26%,21.98%,37.61%,28.17%。定植后 120 天(盛果期),施肥各处理基质 EC 值均高于初始值,添加控释肥处理 A、B、C、D 基质的 EC 值显著高于 CK 和 CKT,相比于上一时期处理 A、B、C、D 增加 41.01%,39.90%,4.40%,114.61%,处理 CKT 相比 120 d 降低了 9.15%。



注:不同小写字母表示处理间差异显著($p < 0.05$)。下同。

图1 不同控释肥处理对基质 EC 的影响

2.1.2 不同处理对基质碱解氮含量的影响 由图 2 可知,施肥各处理的碱解氮含量在整个生育期间均显著高于 CK。定植后 45 天,控释肥处理 A、B、C 基质中碱解氮含量相比 CKT 提高 6.66%,21.03%,22.68%。定植后 75 天,处理 A、C、D 的碱解氮含量相比上一时期提高 10.88%,35.59%,22.73%,相比 CKT 提高 4.90%~47.55%,均高于基质初始值。定植后 120 天,添加控释肥处理 A、B、C、D 基质中碱解氮含量显著高于 CK 和 CKT,与 CKT 相比提高 22.11%~37.43%,均高于基质初始值。

2.1.3 不同处理对基质速效磷含量的影响 由图 3 可

知,处理 CKT 在番茄整个生育期间其速效磷含量均显著高于其他处理,高于基质初始值,添加控释肥处理的速效磷含量随着肥料用量增加有降低的趋势。定植后 75 天,各处理相比 45 天速效磷含量降低了 8.99%~35.36%,处理 D 的降低幅度最大。定植后 120 天,处理 A、B 相比上一时期降低了 4.24%,4.18%,处理 C、D 相比上一时期升高了 6.31%,19.82%。

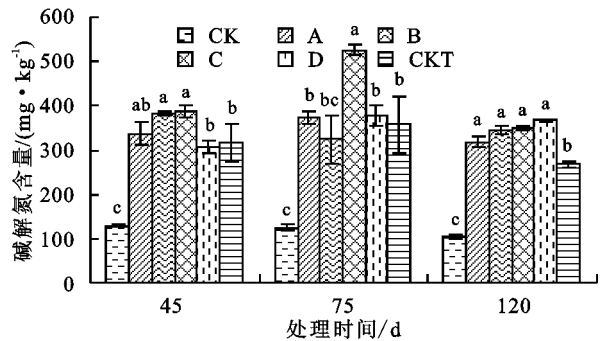


图2 不同处理对基质碱解氮的影响

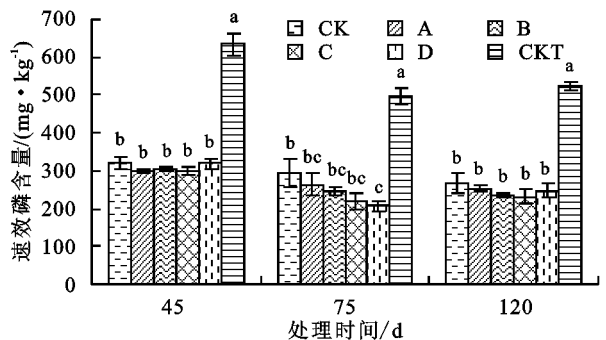


图3 不同处理对基质速效磷的影响

2.1.4 不同处理对基质速效钾含量的影响 由图 4 可知,随着肥料用量的增加,基质中速效钾含量增加,施肥各处理均高于 CK。定植后 45 天,施肥各处理基质中速效钾含量高于 CK 54.08%~444.79%,其中处理 CKT 的值最大,为 3 189.61 mg/k。定植后 75 天,施肥各处理与 CK 相比提高 82.27%~486.82%,最大值是处理 CKT,处理 C 和 D 与其差异不显著。定植后 120 天,各处理与 75 天相比降低 28.82%~63.21%,施肥各处理基质速效钾含量显著高于 CK,处理 CK 的值最大。

2.2 不同处理对番茄植株生长的影响

2.2.1 不同处理对番茄株高的影响 由图 5 可知,各处理株高随着肥料用量的增加而增大,生长过程中整体呈现先增加迅速后增加缓慢的趋势。定植后 30、45 d,施肥各处理株高均显著高于 CK,定植后 45 天,各处理株高增长率为 73.18%~87.95%,其中 C 处理值最大,为 109.67 cm,高于其他施肥处理 1.86%~9.31%,高于 CKT 10.78%。定植后 60 天,各处理株高增长率为 16.61~41.34,各施肥处理除处理 B 外株高均显著高于 CK,最大为处理 C,为 155 cm,高于其他施肥处理 7.64%~19.23%,且显著高于 CKT 9.31%。定植后 75

天,各处理株高增长率为 6.55%~19.15%,施肥处理的株高显著高于 CK,各施肥处理与 CK 相比,增长 17.91%~40.11%,处理 C 值大,为 174.67 cm,高于其他施肥处理 5.65%~19.15%,高于 CKT17.13%。

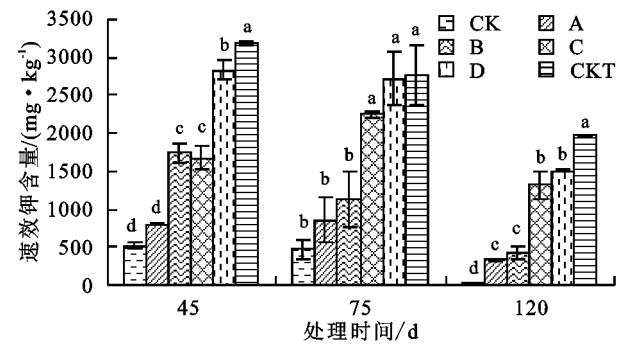


图 4 不同处理对基质速效钾的影响

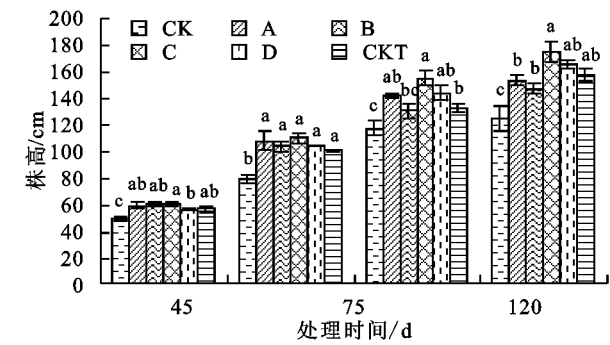


图 5 不同处理对番茄株高的影响

2.2.2 不同处理对番茄植株茎粗的影响 由图 6 可知,各处理茎粗随着肥料用量增加而增加,整个生长过程中,各处理茎粗呈现先增加后降低的趋势。定植后 30 天,除处理 D 外,其他施肥处理茎粗均高于 CK,其中,处理 B 最大,为 0.895 cm。定植后 45 天,各处理茎粗增长率为 14.37%~73.78%,施肥处理的茎粗均高于 CK,其中,处理 D 最大,为 1.273 cm,高于其他

施肥处理 10.08%~29.05%,高于 CKT 16.46%。定植后 60 天,各处理茎粗增长率为-34.14%~10.15%,施肥处理茎粗均大于 CK,其中最大是处理 D,为 1.083 cm,高于其他施肥处理 4.23%~32.11%,高于 CKT 21.99%。定植后 75 天,各处理茎粗增长率为-25.23%~20.05%,各施肥处理茎粗均高于 CK,其中最大是处理 CKT,为 1.066 cm,高于其他施肥处理 19.41%~63.00%。

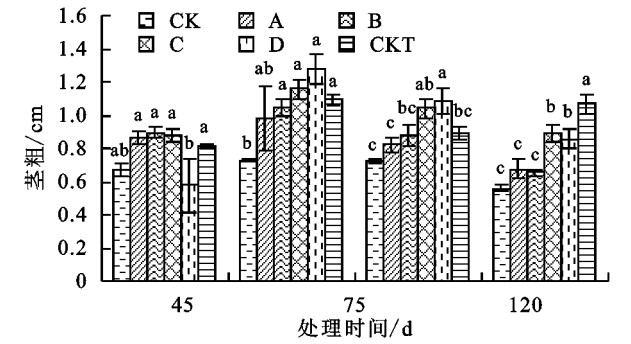


图 6 不同处理对植株茎粗的影响

2.2.3 不同处理对番茄生物量的影响 由表 2 可知,定植后 45 d,各处理生物量与 CK 相比提高 43.89%~70.56%,各处理的根鲜重均高于 CK,茎鲜重、叶鲜重和果鲜重,除配方 A 外均高于 CK,且随着控释肥料用量的增加,其值也越大,配方 C 根鲜重、茎鲜重均是最大,配方 D 值反而有降低的趋势。定植后 75 天,各处理生物量与 CK 相比提高 32.59%~87.03%,添加控释肥料各处理的根鲜重、茎鲜重、叶鲜重和果鲜重均高于 CK,处理 D 根鲜重最大,CK 根鲜重最小,各处理之间差异不显著,配方 C 的茎鲜重、叶鲜重最大,且显著高 CK。且 2 次取样,配方 C 各部分生物量要高于常规施肥处理 CKT。综上,添加控释肥料有利于促进番茄植株生物量增加。

表 2 不同处理对番茄生物量的影响

单位:g

处理	定植后 45 d				定植后 75 d			
	根	茎	叶	果	根	茎	叶	果
CK	28.10d	39.37a	113.39b	29.51bc	51.67a	83.33b	198.00b	741.67b
A	30.25cd	31.16a	107.26b	21.48c	51.67a	85.00b	258.33ab	1030.00ab
B	48.74ab	45.39a	139.53ab	69.04abc	61.67a	111.67ab	360.00ab	1258.33a
C	53.89a	50.17a	177.37a	77.37ab	62.00a	148.33a	398.33a	1273.33a
D	41.96abc	44.48a	128.56ab	92.93a	71.67a	138.33a	336.67ab	1070.00ab
CKT	36.93bcd	39.42a	178.90a	76.06ab	63.33a	111.67ab	310.00ab	1525.00a

注:不同小写字母表示处理间差异显著($p<0.05$)。下同。

2.3 不同处理对番茄产量的影响

由表 3 可知,各施肥处理的平均单果重、单株坐果数、产量均显著高于 CK。平均单果重最大的是处理 C,为 122.09 g,同时也显著高于处理 A 和 B。单株坐果数最大的是处理 B,为 23.89 个,显著高于处理 C、D 和 CKT。单株产量最大是处理 C,为 2.84 kg,显著高于处理 B,与其他施肥处理之间差异不显著。单位面积产量最大是处理 C,为 104.75 t/hm²,显著高于其他施肥处

理。各个施肥处理与 CK 相比依次增产 154.14%, 203.12%, 226.32%, 160.84%, 162.18%, 添加控释肥的处理 B、C 与 CKT 相比增产 15.61%, 24.47%, 添加控释肥对于番茄产量具有显著提高作用。

2.4 不同处理对番茄果实品质的影响

由表 4 可知,各处理之间的可溶性固形物含量差异不显著,添加控释肥的处理 A、B、C、D 可溶性固形物含量要高于 CK 和 CKT,其中最大是处理 D,为

6.43%,之后是处理 C。施肥各处理的可溶性糖含量均显著高于 CK,且添加控释肥的处理 A、B、C、D 的可溶性糖含量大于处理 CKT,其中处理 D 最大,为 3.37%。施肥各处理的有机酸含量均高于 CK,但是各处理之间差异不显著,添加控释肥的处理 A、C、D 的有机酸含量要低于 CKT。各处理的糖酸比差异不显著,其中,处理 D 的糖酸比最大,为 10.73,高于其他处理,处理 A 的糖酸比最小,为 6.37。除处理 B 外,其他施肥处理的 Vc 含量均高于 CK,处理 D 的 Vc 含量最高,高于其他处理 18.98%~113.04%。各施肥处理的硝酸盐含量均低于 CK,处理 A、D、CKT 显著低于 CK,各处理番茄果实的硝酸盐含量均显著低于国家标准 432 mg/kg。

表 3 不同控释肥处理对番茄产量的影响

处理	平均单果重/g	单株坐果数/个	单株产量/kg	产量/(t·hm ⁻²)	较 CK 增产率/%	较 CKT 增产率/%
CK	75.78c	15.32c	1.17c	32.10d		
A	105.00b	23.26ab	2.43b	81.58c	154.14	-3.07
B	110.67b	23.89a	2.64ab	97.30b	203.12	15.61
C	122.09a	22.61b	2.84a	104.75a	226.32	24.47
D	114.41ab	22.78b	2.60ab	83.73c	160.84	-0.51
CKT	118.09ab	22.27b	2.63ab	84.16c	162.18	

表 5 不同处理氮素表现损失

处理	试验前期氮素累积/(mg·kg ⁻¹)	氮素投入/(kg·m ⁻³)	作物中氮素累积/(g·株 ⁻¹)	基质中氮素累积/(mg·kg ⁻¹)	表观氮素损失/(g·m ⁻³)
CK	423.11	0	0.96	203.00	0.14
A	423.11	0.43	2.16	343.00	1.15
B	423.11	0.86	1.98	346.50	10.51
C	423.11	1.29	2.57	350.00	15.56
D	423.11	1.72	2.50	367.17	25.23
CKT	423.11	1.40	3.07	267.17	18.96

3 讨论

3.1 控释肥对番茄植株生长的影响

控释肥对植株生长具有促进作用,本研究表明,整个生长期,添加控释肥处理的株高和茎粗都高于 CK,且在定植后 45,60,75 天,添加控释肥处理的株高要大于常规施肥处理 CKT,说明控释肥对于植株株高的促进作用优于普通化肥。这与吴正景等^[10]的研究结果相同,而吴艳丽等^[11]研究则表明,控释肥在番茄生长初期对其生长影响不大,添加控释肥处理的番茄株高、茎粗等并未有明显差异。孙哲等^[12]研究表明,控释肥稳定持续的养分供应有利于番茄植株根系的生长,从而促进其地上部生长,对生物量有促进作用,有报道^[13]指出,施肥频率对于植株生物量也有一定影响,本研究添加控释肥处理的生物量均显著高于 CK,且在定植后 45 天,控释肥处理的根干物质比重要显著高于 CK。

3.2 控释肥对番茄产量的影响

番茄对于养分的需求较大,其产量的提高与肥料的供应密不可分^[14],施肥决定着番茄的产量,控释肥对于

表 4 不同处理对番茄果实品质的影响

处理	可溶性固形物/%	可溶性还原糖/%	有机酸/%	糖酸比	Vc/mg	硝酸盐/(mg·kg ⁻¹)
CK	6.03a	2.49b	0.31a	10.49a	14.52ab	238.99a
A	6.13a	3.06a	0.39a	6.37a	16.22ab	151.10bc
B	6.04a	3.06a	0.42a	7.51a	9.28b	193.69ab
C	6.37a	3.01a	0.39a	9.13a	15.54ab	191.13ab
D	6.43a	3.37a	0.36a	10.73a	19.76a	99.17cd
CKT	5.53a	2.96a	0.42a	8.03a	16.61ab	78.99d

注:Vc 含量用 100 g 鲜重番茄果实中 Vc 的质量表示(mg)。

2.5 不同处理的表观氮素损失

按照氮素表观损失=试验前期氮素累积+氮素投入-作物中氮素累积-基质中氮素累积计算各处理的表观氮素损失,比较其肥料利用率。各处理起始氮素含量一致,不同处理氮素后期添加不同,各处理植株中氮素含量并没有随着氮素投入增多而增加,试验后期基质中氮素累积随着起始肥料的增多呈正相关,且添加控释肥料的各处理碱解氮含量高于常规施肥处理。各处理表观氮损失,随着氮素投入的增多,其损失也增多,结合产量考虑处理 C 的氮素投入低于常规施肥处理,且氮素损失低于常规施肥处理,其养分利用率高(表 5)。

番茄产量具有显著提高作用。控释肥对于番茄单株坐果数、平均单果重的影响从而影响到其产量^[15],本研究中,控释肥处理的单株坐果数、平均单果重均显著高于 CK,其产量相比 CK 提高 154.14%~226.32%。控释肥处理 B 和 C 的养分供应用量低于 CKT,但是其产量与 CKT 相比,提高 15.61%~34.47%,说明控释肥料对番茄产量的促进作用要优于普通化学肥料,且在肥料减量的条件下,仍然促进产量^[16-17]。本研究中,处理 D 和 CKT 的氮素供应量大于处理 B 和 C,但是其产量却降低了,可能是因为其养分供应较多,使植株的营养生长比较旺盛,而生殖生长相对较弱,导致其果实成熟较慢,产量降低。

3.3 控释肥对番茄果实品质的影响

控释肥料对于番茄果实的品质也有一定的影响^[18],其中,可溶性还原糖、Vc、有机酸、糖酸比等都是评价番茄果实品质优良的重要指标。本研究中,各施肥处理的可溶性还原糖、有机酸等均高于 CK,除处理 D 外其他处理的糖酸比要低于 CK,其 Vc 含量也有提高。本试验中,控释肥处理的可溶性还原糖均

高于 CKT, 控释肥对于番茄品质的促进作用优于化肥, 处理 C 的施肥量大于处理 A 和 B, 但是其可溶性还原糖较小, 处理 D 的施肥量最大, 其可溶性还原糖含量也最高, 综合考虑其产量, 处理 C 的肥料用量对于番茄产量和果实促进作用较显著。本研究中, 施肥各处理番茄果实中硝酸盐含量均低于 CK, 但是控释肥处理果实中硝酸盐含量要高于 CKT, 说明控释肥对于果实品质的提高还有待进一步改善。

3.4 控释肥对基质养分的影响

控释肥料根据作物需肥模式释放养分, 养分可以被作物及时吸收^[19], 其养分供应浓度稳定, 生长环境更具安全性。本试验中, 施用控释肥料各处理的 EC 值随着肥料用量增加而增加, 说明其养分含量随着肥料用料增加而增加, 在整个生育期间的 EC 值都比较稳定。氮、磷、钾是植株生长过程中吸收最多的 3 种元素, 番茄在生长前期对于氮需求较多, 坐果期对于钾需求较多, 各个时期对于磷的吸收较少^[20], 植株对于氮、钾的吸收还会促进对磷的吸收。本研究中, 控释肥处理基质中碱解氮的含量在番茄开花初期与坐果盛期均高于 CKT, 说明其氮素供应充足。控释肥处理基质中速效磷含量显著低于 CKT, 但是生长过程中并未出现缺磷, 基质中磷元素可以满足作物对磷的吸收, 生产过程中增施磷肥会产生浪费, 控释肥处理 C 和 D 的基质中速效钾含量在试验后期的含量依然较高, 养分残留低于 CKT。同时, 控释肥还对会增大基质的孔隙度^[21], 使作物根系可以更好地进行呼吸, 对生长起到促进作用。控释肥料的使用, 可以减少施肥用量和次数, 有效提高肥料利用率^[22]。

4 结论

控释肥料对于番茄植株生长具有促进作用, 随着肥料用量增加, 其株高、茎粗、生物量均增加, 其中, 配方 C 应用效果最佳。定植后 75 天, 配方 C 株高为 174.67 cm, 与 CK 相比, 株高提高 21.75%, 与 CKT 相比株高提高 17.13%; 茎粗为 0.893 cm, 与 CK 相比提高 59.46%; 生物量与 CK 相比提高 75.12%。随着控释肥用量的增大, 番茄的产量呈现先增加后降低的趋势, 处理 C 的产量最高, 为 104.75 t/hm², 与 CK 相比提高 226.32%, 与 CKT 相比提高 24.47%。基质中添加控释肥, 其基质理化性质稳定, 养分残留较常规施肥减少, 养分利用率高, 还节省了施肥的劳动力投入, 经济效益显著。

参考文献:

- [1] 于立芝, 李东坡, 俞守能, 等. 缓/控释肥料研究进展[J]. 生态学杂志, 2006, 25(12): 1559-1563.
- [2] 张德奇, 季书勤, 王汉芳, 等. 缓/控释肥的研究应用现状及展望[J]. 耕作与栽培, 2010(3): 46-48.
- [3] 王鑫, 张占军, 马生发, 等. 包膜控释尿素与普通尿素配比对大棚番茄的增产及品质效应的研究[J]. 甘肃科技,

- 2005, 21(10): 200-202.
- [4] 龙锦林, 杨守祥, 史衍玺. 控释氮肥对温室番茄增产效应及利用率的研究[J]. 北方园艺, 2003(5): 38-40.
- [5] 朱余清, 王军. 控释肥料对中蔬 4 号番茄产量和品质的影响[J]. 长江蔬菜, 2011(12): 60-63.
- [6] 韩晓日. 新型缓/控释肥料研究现状与展望[J]. 沈阳农业大学学报, 2006, 37(1): 3-8.
- [7] 蒋卫杰, 余宏军, 刘伟, 等. 蔬菜无土栽培新技术(修订版)[M]. 北京: 金盾出版社, 2012: 107-112.
- [8] 鲁如坤. 土壤农化分析[M]. 3 版. 北京: 中国农业科技出版社, 2000.
- [9] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.
- [10] 吴正景, 吕静霞, 苗艳芳, 等. 包膜尿素对日光温室土壤理化特性及番茄生长的影响[J]. 河南农业科学, 2005, 34(6): 71-73.
- [11] 吴丽艳, 黎志彬, 葛正平, 等. 不同缓释肥料对大棚番茄生长、产量及品质的影响[J]. 西南农业学报, 2015, 28(6): 2605-2609.
- [12] 孙哲, 郑建利, 朱国梁, 等. 不同控释肥养分释放特征及对番茄根系生长、产量与品质的影响[J]. 中国农学通报, 2015, 31(28): 65-70.
- [13] Shah S H. Effects of nitrogen fertilisation on nitrate reductase activity, protein, and oil yields of *Nigella sativa* L. as affected by foliar GA3 application [J]. Turkish Journal of Botany, 2008, 32(2): 165-170.
- [14] 薛娟, 顾建明, 肖雪梅, 等. 不同缓释肥对茄子生长、产量及品质的影响[J]. 浙江农业学报, 2015, 27(4): 579-584.
- [15] 王鑫, 刘建新, 徐秋明, 等. 包膜控释尿素对大棚番茄的增产与品质提高效应[J]. 干旱地区农业研究, 2005, 23(6): 137-140.
- [16] 张小玲, 徐万里, 刘骅, 等. 施用不同控释肥料对加工番茄产量的影响[J]. 新疆农业科学, 2005, 42(4): 257-259.
- [17] Grant C A, Wu R, Selles F, et al. Crop yield and nitrogen concentration with controlled release urea and split applications of nitrogen as compared to non-coated urea applied at seeding [J]. Field Crops Research, 2012, 127: 170-180.
- [18] 梁玉芹, 高慧敏, 宋炳彦, 等. 控释肥施入方式对樱桃番茄产量和品质的影响[J]. 河北农业科学, 2007, 11(2): 67-68.
- [19] Zheng W, Liu Z, Zhang M, et al. Improving crop yields, nitrogen use efficiencies, and profits by using mixtures of coated controlled-released and uncoated urea in a wheat-maize system [J]. Field Crops Research, 2017, 205: 106-115.
- [20] 颜冬云, 张民. 控释复合肥对番茄生长效应的影响研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2005, 11(1): 110-115.
- [21] 孙玲丽, 张民. 控释肥在基质栽培中的养分淋溶及其对基质理化性质的影响[J]. 水土保持学报, 2008, 22(2): 151-154.
- [22] 杨俊刚, 张冬雷, 徐凯, 等. 控释肥与普通肥料混施对设施番茄生长和土壤硝态氮残留的影响[J]. 中国农业科学, 2012, 45(18): 3782-3791.