

控释肥对草莓生长及土壤养分的影响

陈宝成¹, 马 丽¹, 张 民¹, 张建青²

(1. 山东农业大学 资源与环境学院, 山东 泰安 271018; 2. 龙口市农技推广中心 山东 龙口 265700)

摘 要:以控释肥为试材,进行了草莓保护地栽培的应用研究,并与普通化肥进行了肥效对比。结果表明:控释复合肥能提高草莓鲜果 Vc 含量和口感,但总糖和总酸度差异不显著;在相同施肥量下控释肥处理比普通化肥处理草莓鲜果和生物产量都显著增加,平均增产均达 10% 以上,以控释肥处理 CRF2(N 30、P₂O₅ 10、K₂O 20)增产最为明显;控释肥能提高草莓植株中氮磷钾特别是氮磷含量。控释肥养分释放速率具有先低后高再低的趋势,与草莓生长的需肥规律更为吻合,可提高肥效。

关键词:草莓;控释肥;品质;产量;土壤养分

中图分类号:S 668.406⁺.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2010)01-0007-04

据联合国粮农组织(FAO)的统计,在提高作物的单产中,化肥所起的作用占 40%~60%。但化肥利用率低是化肥使用上普遍存在的问题,目前我国化肥的当季利用率较低,氮为 30%~35%,磷为 10%~20%,钾为 30%~35%^[1],其中氮的损失特别严重,造成了直接的经济损失,据统计,我国每年在化学肥料使用上要损失 1 000 亿元人民币以上^[2],并造成严重的环境污染。肥料的大量使用及利用率的低下,已经对生存环境产生了不良的后果,如水体污染、农产品质量降低及温室效应等问题。减少肥料使用量、提高肥料利用率、保护生态环境、开发高效肥料品种和施肥技术是当前科学施肥研究的重大问题^[3,5]。控释肥料的研制和在作物上的应用为解决这一问题提出了新的思路。控释肥是一种新型肥料,利用生产工艺使养分的释放特征与作物需肥规律相一致^[6],目前控释肥在国外主要用于蔬菜、水稻、水果、草坪、柑桔、花卉等作物上^[7,8],国内也在多种作物进行了盆栽或田间小区试验,氮素利用率可提高 50% 以上,减少了肥料用量,产量和品质也有所提高^[9]。目前,控释肥在草莓上的使用国内还少见报道。草莓营养丰富,占小浆果栽培面积的首位,Vc 含量是评价草莓质量的重要指标。草莓生长期中,前期吸收养分仅占整个生育期的 5%~15%,后期吸收的养分占整个生育期的 50% 以上,N 的吸收高峰在膨果期,占整个生育期的 46.2%,P 的吸收高峰出现在膨果期和收获期,占整个生育期的

70%,而 K 的吸收在收获期最多,达整个生育期的 51.8%^[10]。该试验旨在研究施用控释肥对草莓产量、品质、肥料利用率以及土壤供肥特点的影响,并与普通化肥对比,为今后控释肥在草莓上大面积推广应用提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验采用保护地小区试验。试验地选在山东龙口市大棚地内,土壤为潮棕壤,轻壤质地,土壤表层养分含量为碱解氮 65.6 mg/kg,有效磷 40.2 mg/kg,速效钾 109.4 mg/kg,中等肥力;草莓品种为丰香草莓;小区面积为 6 m²,垅宽 60 cm,草莓行距 30 cm,株距 15 cm。试验肥料分控释肥和普通化肥,控释肥料为山东金正大公司生产的控释复合肥(N-P₂O₅-K₂O, 14-14-14)、控释尿素(42-0-0)、控释硫酸钾(0-0-45),普通肥料为商品尿素(46-0-0)、过磷酸钙(0-16-0)和硫酸钾(0-0-50)。

1.2 试验设计

试验肥料为控释肥(CRF)与普通化肥(CCF),控释肥又分为控释复合肥和控释氮肥 2 种。控释肥作基肥条状沟施一次施入,以后不再施肥;普通肥分 2 次施用,其中 2/3 肥量条状撒施作基肥,1/3 在开花初期作追肥。按当地传统操作起垅,栽苗。试验共设 7 个处理(表 1),重复 3 次;分别在初花期、盛花期、盛果期和收获期取土样进行速效氮、磷、钾的测定。在盛果期进行糖分、Vc 含量和总酸度的测定,其中总糖作为甜度指标,总酸度作为酸度指标,糖酸比作为适口性指标;收获期测定整个植株全氮、磷、钾含量。

1.3 测定方法

土壤速效氮、磷、钾分别采用碱解扩散法、碳酸氢钠浸提钼锑抗比色法和醋酸铵浸提火焰光度法;植株全

第一作者简介:陈宝成(1969-),男,硕士,讲师,现主要从事土壤化学与植物营养方面的研究工作。E-mail: bcc@sdau.edu.cn。

基金项目:国家自然科学基金资助项目(30871593);“十一五”国家科技支撑计划资助项目(2006BAD10B07)。

收稿日期:2009-08-20

氮、磷、钾采用浓 $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}_2$ 消化, 分别采用蒸馏法、钼锑抗比色法和火焰光度计法测定; 草莓果实的糖分采用铜还原-直接滴定法; V_c 采用紫外分光比色法; 总酸度采用滴定法测定。

表 1 试验处理		
Table 1	Treatments of the experiment	
处理	施纯养分量	6.0 m ² 小区施肥量
Treatment	Pure nutrient content	6.0 square meters fertilization/g
	N-P ₂ O ₅ -K ₂ O/kg·hm ⁻²	
CRF1	300-150-300	控释复合肥 643 控释尿素 214 控释硫酸钾 200
CRF2	450-150-300	控释复合肥 643 控释尿素 428 控释硫酸钾 200
CRF3	300-150-300	控释尿素 428 过磷酸钙 563 硫酸钾 360
CRF4	450-150-300	控释尿素 643 过磷酸钙 563 硫酸钾 360
CCF1	300-150-300	尿素 391, 过磷酸钙 563 硫酸钾 360
CCF2	450-150-300	尿素 587, 过磷酸钙 563 硫酸钾 360
CK	0-0-0	0

2 结果与讨论

2.1 控释肥的释放特征

控释肥养分释放速率分为 3 个阶段, 即释放速率逐渐增大、释放加快阶段和释放逐渐减小阶段, 大体呈 S 型曲线。养分释放由慢到快, 在 50 d 左右达到最快, 以后的释放率逐渐下降, 第 100 天时氮、磷、钾素养分累积释放率分别达到总养分的 90%、50%、80%。可以看出, 控释复合肥的养分释放特征基本符合草莓生长中的需肥特点, 能为草莓生长提供更好的供肥环境。

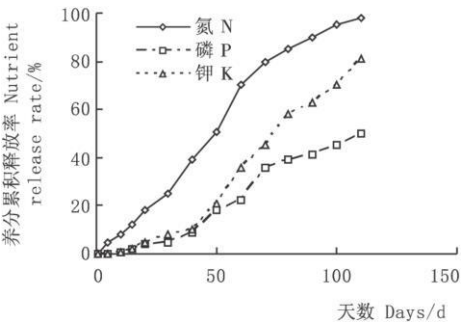


图 1 控释肥氮、磷、钾的静水释放率

Fig. 1 N, P, K accumulated dissolution rate of the CRFs in water

2.2 不同处理对草莓果实品质的影响

由表 2 可知, 不同处理草莓 V_c 含量差别较大, 施肥处理高出对照 20%~50%, 氮肥用量高的处理 V_c 含量更高; 在相同施肥量下, 控释肥处理 (CRF1、CRF2、CRF3、CRF4) 的草莓 V_c 含量均高于普通化肥处理 (CCF1、CCF2), 并且以控释复合肥处理为最高, 同比提高 5.7% 和 11.8%, 差异显著。草莓中总糖含量, 控释肥和普通化肥的处理差异不显著, 但都低于对照, 说明使用化肥有减少草莓总糖含量的趋势, 也与养分比例有关。不同处理草莓总酸度差异不明显, 但随施肥量的增加糖酸比有增高的趋势, 施用控释肥比普通化肥草莓总

酸度稍高, 甜度稍差, 但在口感上控释肥处理则优于普通化肥, 味更浓。总体评价是控释肥处理的草莓品质要好于普通化肥处理。

表 2 不同处理对草莓果实品质的影响

Table 2 Effect of different treatments on strawberry qualities				
处理	V_c	总糖 Total	总酸度 Total	糖酸比
Treatment	/mg·(100g) ⁻¹	sugar/%	acid/%	sugar/acid
CRF1	51.15b	7.37a	1.17a	6.30b
CRF2	60.65a	7.97a	1.149	6.99b
CRF3	48.8c	7.36a	0.99ab	7.43a
CRF4	57.25a	7.16a	1.19a	6.02
CCF1	48.35c	7.68a	0.98ab	7.84a
CCF2	54.1ab	7.67a	1.01ab	7.59ab
CK	40.25d	8.03a	0.98ab	8.19a

注: 不同字母表示有显著差异 ($P<5\%$), 下同。
Note: The different letter indicated significance at $P<5\%$ level following the same.

2.3 不同处理对草莓产量的影响

由表 3 可知, 施肥处理草莓鲜果产量和生物产量都明显高于空白, 鲜果增产率为 11.8%~40.0%, 生物产量增产率为 11.8%~32.9%; 在相同施肥量下, 控释肥处理的产量都高于普通肥处理, 其中尤以控释复合肥高肥量处理 (CRF2) 的产量最高。从草莓鲜果产量来看, 控释复合肥处理 CRF1 比普通化肥处理 CCF1 增产 13.7%, 处理 CRF2 比处理 CCF2 增产 10.2%; 对于控释氮肥的处理 CRF3 与普通肥处理 CCF1、处理 CRF4 与处理 CCF2 产量基本持平; 控释肥之间相比, 控释复合肥处理 CRF1 比控释氮肥处理 CRF3 增产 12.5%, 控释复合肥处理 CRF2 比控释氮肥处理 CRF4 增产 6.0%。草莓生物产量处理间增产情况与鲜果基本相同。

表 3 不同处理对草莓产量的影响

Table 3 Effect of different treatments on strawberry yields				
处理	平均鲜果重 Average	平均生物量	鲜果增产率	生物量增产率
Treatment	weight of fruit FW /kg·(小区) ⁻¹	Average biomass /kg·(小区) ⁻¹	Increase rate of fruit FW/%	Increase rate of biomass/%
CRF1	10.8bc	19.0a	27.1	25.0
CRF2	11.9a	20.2a	40.0	32.9
CRF3	9.6bc	18.4ab	12.9	21.3
CRF4	11.2ab	19.7a	31.8	29.6
CCF1	9.5cd	17.0bc	11.8	11.8
CCF2	10.8bc	19.2a	27.0	26.3
CK	8.5d	15.2c	—	—

2.4 不同处理对草莓植株中氮、磷、钾含量的影响

由图 2 可看出, 施肥处理的草莓植株中氮、磷、钾含量都高于空白; 控释肥处理 CRF1、CRF2、CRF3、CRF4 植株中氮、磷、钾含量都比同等施肥量的普通化肥处理 CCF1、CCF2 高, 控释氮肥草莓植株中氮含量同比增加 3.5%、22.2%, 控释复合肥处理 CRF1、CRF2 植株中磷含量比同肥量普通化肥增加 70.3%、36.8%, 植株中钾含量比同肥量普通化肥处理稍高。由此说明, 控释肥特别是控释复合肥养分释放供应情况更能满足草莓的吸

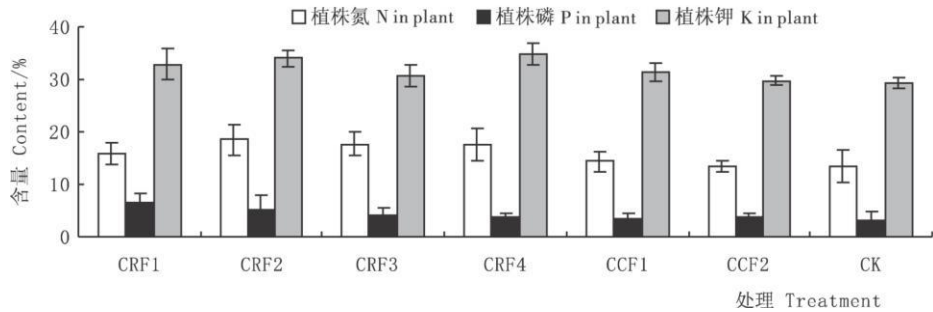


图 2 不同处理草莓植株中氮、磷、钾含量
Fig.2 N, P, K content in the plant of strawberry

肥特点, 为草莓增产提供了更好的条件。

2.5 不同处理对各生育期土壤养分的影响

2.5.1 不同处理对各生育期土壤碱解氮含量的影响

由图 3 可知, 所有施肥处理在草莓各生育期土壤碱解氮含量都明显高于空白, 而且随施肥量的增加而增加。控释肥处理随生长期的推移土壤碱解氮含量呈先低再高又低的变化趋势, 而普通化肥和空白处理土壤碱解氮变化趋势为由高到低。在相同施肥量下, 不同处理同一生长期土壤碱解氮含量有明显差异, 控释肥处理初花期土壤碱解氮含量低于普通肥处理, 而在盛花期、盛果期和收获时则高于普通化肥处理。出现以上现象是由控释肥与普通化肥养分释放特点所决定的, 据资料表明^[10], 草莓吸收氮的高峰期在膨果期, 占整个生育期的 50% 左右, 此时期与控释氮肥养分释放的高峰期相一致, 虽然草莓在营养生长期吸收氮的比例较高, 但由于苗期草莓的个体较小, 吸收总量少, 控释肥在前期释放的氮足够草莓生长的需求。所以控释肥的释放规律更为适合草莓生长的需肥特点, 能够更好的供给草莓生长所需的养分。

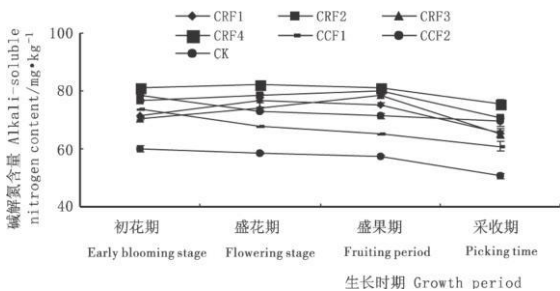


图 3 不同处理土壤中速效氮含量
Fig. 3 Soil avail. N of different treatments

2.5.2 不同处理对各生育期耕层土壤中有效磷含量的影响 由图 4 可知, 施肥处理土壤中有效磷含量明显高于空白处理。在初花期、盛花期和盛果期, 控释肥处理土壤中速效磷含量高于普通化肥处理, 尤以盛花期和盛

果期更为明显, 又以控释复合肥的处理 CRF1、CRF2 最为显著, 其原因为控释复合肥磷素释放较慢, 磷被土壤固定的相对较少, 土壤中的速效磷能维持较高水平和较好的供磷状态; 普通磷肥溶解释放快, 土壤对其固定的较多, 土壤磷有效性降低。在收获期, 普通化肥处理土壤有效磷含量高于控释肥处理, 可能是随着气温升高及根系分泌物增多, 普通化肥处理的原来被土壤固定的磷有一部分转化成有效磷形态。结果表明, 控释复合肥处理土壤有效磷含量呈由低到高再到低的变化过程, 而普通磷肥处理呈逐渐降低趋势。资料表明^[10], 草莓磷吸收高峰期在中后期, 该试验分析数据中, 在盛花期和盛果期控释复合肥处理 CRF1、CRF2 比其它处理 CRF3、CRF4、CCF1、CCF2 土壤有效磷含量都高, 因此供磷效果更好。

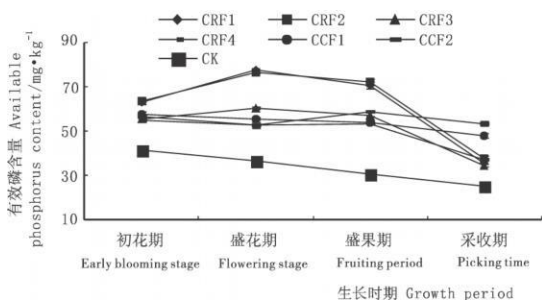


图 4 不同处理土壤中有有效磷含量
Fig. 4 Soil avail P of different treatments

2.5.3 不同处理对各生长期耕层土壤速效钾含量的影响 在草莓生长的各时期中, 土壤速效钾含量状况与土壤有效磷基本相同(图 5), 控释钾肥处理土壤速效钾含量在草莓生长的中前期低于普通化肥, 而中后期则高于普通化肥。据资料表明^[10], 草莓果实膨大后, 对钾素的吸收比例迅速升高, 达苗期的 2~6 倍, 占整个生育期的 70% 左右, 因此, 草莓后期土壤供钾非常重要。控释复合肥与控释钾肥供肥特点比普通钾肥更能与草莓生长需肥特点相吻合, 具有良好的供钾效果, 更有利于草莓

的生长和品质的改善,从草莓产量和品质上也体现了这一点。

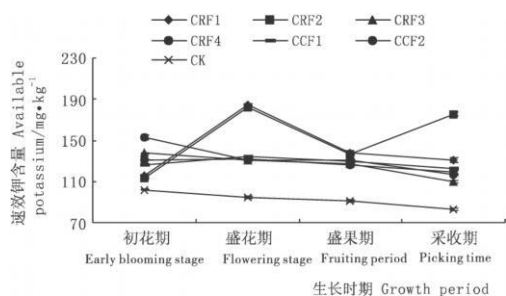


图5 不同处理土壤速效钾含量

Fig. 5 Soil avail. K of different treatments

3 结论

供试控释复合肥在水中氮、磷、钾释放的特征分为3个阶段,即释放速率逐渐增大、释放加快阶段和释放逐渐减小阶段。整个释放过程存在一个释放的高峰期,呈近S型曲线。控释复合肥的养分释放特征基本符合草莓生长的需肥特点,在其它条件相同的情况下能为草莓提供更好的供肥环境。

在相同施肥量下,控释肥能提高草莓Vc含量,同比提高5.7%和11.8%;草莓中总糖含量,控释肥和普通肥的处理差异不大;施用控释肥比普通化肥的草莓总酸度稍低,甜度稍差,但口感更好。

控释肥处理的草莓产量高于普通化肥处理,在相同施肥量下,控释复合肥处理鲜果重比普通化肥增产12%左右,从增产幅度看,低肥量处理要高于高肥量处理。控释肥之间相比,控释复合肥处理比控释氮肥处理增产6%~12.5%。草莓生物产量处理间增产情况与鲜果基

本相同。施用控释肥草莓植株中氮磷钾含量都比同等施肥量的普通化肥高,其中氮含量同比增加3.5%~22.2%,磷含量同比增加70.3%~36.8%,钾含量同比基本持平。控释肥处理土壤碱解氮、有效磷、速效钾含量随草莓生长期不同由低到高再到低,与草莓吸收养分的规律相适应;而普通化肥处理土壤养分则是由高到低,在草莓需肥较多的中后期养分供应少,不能很好的满足草莓的养分需求。施用控释肥更有利于草莓的生长发育和品质的改善。

参考文献

- [1] 李庆远,朱兆良.中国农业持续发展中的肥料问题[M].南昌:江西科学技术出版社,1998:1-5.
- [2] 张世贤.中国的农业及平衡施肥在农业生产中的应用[M].北京:农业出版社,1989:10-15.
- [3] 樊小林,廖宗文.控释肥料与平衡施肥和提高肥料利用率[J].植物营养与肥料学报,1998,4(3):219-223.
- [4] 谢建昌.世界肥料使用现状与前景[J].植物营养与肥料学报,1998(4):321-330.
- [5] Spalding R F, Exer M E. Occurrence of nitrate in groundwater-A review[J]. J. Environ. Qual, 1993, 22: 392-402.
- [6] 尹洪斌,石元亮.控释肥料的研究现状与进展[J].土壤通报,2005,36(3):422-425.
- [7] Trenkel M E. Controlled release and stabilized fertilizers in agriculture[M]. Paris: Published by the International Fertilizer Industry Association, 1997:73-96.
- [8] Wiesman Z, Markus A. Promotion of rooting and development of cutting by plant growth factors formulated into a controlled-release system[J]. Biology and fertility of Soil., 2002 36(5):330-334.
- [9] 张民,史衍玺.控释和缓释肥的研究现状与进展[J].化肥工业,2004,28(5):27-30.
- [10] 陈春宏,汪寅虎,柯福源.草莓吸肥特点和施肥技术研究[J].上海农业学报,1997,13(4):67-70.

Effects of Controlled-release Fertilizers on Strawberry and Soil Nutrients

CHEN Bao-cheng¹, MA Li¹, ZHANG Min¹, ZHANG Jian-qing²

(1. College of Resource and Environment, Shandong Agricultural University, Taian, Shandong 271018; 2. Agricultural Technology Extension Center, Longkou Shandong 265700)

Abstract: Compared with common chemical fertilizers, effects of controlled-release fertilizers applied on strawberry in greenhouse were studied. Reductive Vc content and taste of strawberry was increased by application of controlled-release compound fertilizer as compared with common fertilizer treatments, but the total sugar and total acid were no significant difference. The fresh fruit yield and total biologic output with controlled-release fertilizer treatments were higher over 10% than the common fertilizers and control treatments, and the yield of CRF2 treatment was the highest. The N, P, K contents of strawberry plant especially the contents of N and P were increased with controlled-release compound fertilizer treatments. The available nutrients in soil with controlled release fertilizers changed from low to high and then to low. The nutrient release characteristic could satisfy the nutrient need by strawberry in every growing stage, which indicated that the controlled release fertilizer applied on strawberry was better than common fertilizer.

Key words: strawberry; controlled release fertilizer; quality; yield; soil nutrients