

控释 BB 肥在苹果上的应用研究

陈琛,王丽霞,赵海永,邵蕾

(中国农业大学 烟台研究院,山东 烟台 264670)

摘要: 通过田间试验,探讨了施用包膜肥料与普通肥料的控释 BB 肥对土壤养分和苹果产量、品质、经济效益的影响,以期控释肥在苹果上合理施用提供依据和技术指导。结果表明,普通肥料由于其速溶性,施肥后土壤速效养分变化曲线在一个生长期表现为逐渐下降趋势;将控释肥与普通肥料掺混后,既解决了控释肥施用前期养分释放缓慢的问题,又满足了作物整个生长期养分的需求。施肥量相同的 SF 与 CRF1 处理相比较,CRF1 处理的苹果产量、品质、经济效益显著高于 SF 处理;即使减少肥料的施用量,CRF2、CRF3 处理的苹果产量、品质、经济效益仍不低于 SF 处理。从提高果实的口感、减少肥料的投入、增加经济效益的角度考虑,本试验的最佳施肥处理为减氮控释肥 CRF3 处理。

关键词: 控释 BB 肥;苹果;经济效益

中图分类号: S145.5 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(2012)增刊-0264-05

Study of Applying Coated Controlled Blend Bulk Fertilizers on Apple

CHEN Chen, WANG Li-xia, ZHAO Hai-yong, SHAO Lei

(China Agricultural University, Yantai 264670, China)

Abstract: A field experiment was conducted to study the effects of controlled release fertilizers blended with common fertilizers on yield, quality and economic benefit of apple in order to provide scientific evidence and technical advice for applying controlled release fertilizers on apple. The result showed that the available nutrient in soil of SF treatment decreased gradually in a growing season. The controlled release fertilizers blended with common fertilizers solved the problem of nutrient's slow release in a short time after being applied and met with the nutrient requirement of plant in a growing season. The application rate of CRF1 was the same as that of SF, but the yield, quality and economic benefit of CRF1 were better than that of SF. The application rate of CRF2 and CRF3 was lower than that of SF, but the yield, quality and economic benefit of CRF2 and CRF3 weren't lower. Considering prompting the palate of fruit, decreasing the application and increasing the economic benefit, the CRF3 was the optimal treatment.

Key words: Coated controlled blend bulk fertilizers; Apple; Economic benefit

据联合国粮农组织估计,发展中国家粮食的增产中,55%来自化肥的作用。目前我国化肥的当季利用率为:氮30%~35%,磷10%~20%,钾30%~35%,肥料利用率远低于世界发达国家水平^[1]。控释肥具有在作物全生育期肥料一次性基施及节省追肥所需的劳动力投入等优点^[2-3],提高了肥料的利用率,促进了作物生长,提高了作物的产量与品质^[4],具有显著的经济效益和环境效益^[5]。

控释肥的养分释放速率分为逐渐增大—释放高峰—逐渐减小3个阶段^[6]。因此,在施用控释肥后的一段时间内由于养分释放速率慢,养分释放存在

滞后性,不能满足某些作物早期生长的需要。虽然控释肥具有显著的环境效益、社会效益、经济效益,但是由于价格高,控释肥目前主要应用于高尔夫球场、苗圃、专业草坪和景观园艺等,在农业上的应用占世界化肥总消耗量的比例不高。限制控释肥料在我国普及推广的最主要因素是控释肥料的价格居高不下,很难为农民所接受。如果将包膜肥料与普通肥料掺混成控释 BB 肥,控释 BB 肥既包含控释养分,又包含速效养分,一方面降低了肥料成本,从而降低了价格;另一方面,避免了包膜肥料在作物生长前期养分释放缓慢的特性^[7]。本试验通过大田试

收稿日期:2012-03-10

基金项目:“十二五”国家科技支撑计划项目(2011BAD11B01;2011BAD11B02)

作者简介:陈琛(1990-),男,山东青岛人,主要从事土壤化学与植物营养方面的研究。

通讯作者:邵蕾(1980-),男,山东文登人,讲师,博士,主要从事土壤化学与植物营养方面的研究。

验探讨施用包膜肥料与普通肥料的控释 BB 肥对土壤中养分供应状况和苹果的产量、品质、经济效益的影响, 以为控释肥在苹果上合理施用提供依据和技术指导。

1 材料和方法

1.1 试验材料

试验地点: 山东省文登市米山镇小讲村。

供试苹果: 9 年生富士苹果, 株行距 3 m × 3 m, 按 1 100 株/hm² 算。

供试土壤: 供试土壤为棕壤, 其耕层 (0 ~ 20 cm) 土壤有机质 12.55 g/kg, 全氮 0.427 g/kg, 碱解氮 42.54 mg/kg, 有效磷 37.58 mg/kg, 速效钾 45.47 mg/kg, pH 值 (Soil: H₂O = 1:1) 6.77。

供试肥料: 撒可富复合肥 15-15-15; 红牛硫酸钾 0-0-50; 尿素 46-0-0; 金正大控释肥 1 (CRFa) 21-5-16 (控氮占 55%, 控磷 100%, 控钾 25%); 金正大果树控释肥 2 (CRFb) 16-6-20 (控氮占 65%, 控磷 75%, 控钾 21%)。

表 1 施肥方案

Tab. 1 Design of the experiment

处理 Treatment	施肥量/(kg/hm ²) Fertilizer amount (N-P ₂ O ₅ -K ₂ O)	施肥量/(kg/棵) Fertilizer amount (N-P ₂ O ₅ -K ₂ O)	肥料组成及用量/(kg/棵) Fertilizer component and application rate
空白 CK	0-0-0	0-0-0	-
习惯施肥 SF	66.67-15.56-51.11	0.60-0.14-0.46	尿素 1, 复合肥 0.93, 硫酸钾 0.64
等量控释肥 CRF1	66.67-15.56-51.11	0.6-0.14-0.46	CRFa 2.86
减量控释肥 CRF2	53.33-12.22-41.11	0.48-0.11-0.37	CRFa 2.29
减氮控释肥 CRF3	41.11-15.56-51.11	0.37-0.14-0.46	CRFb 2.31

每 2 株为 1 小区, 完全随机区组设计, 3 次重复, 并设立隔离株与保护行。于化冻后, 开花前 2008 年 5 月 3 日、2009 年 5 月 3 日、2010 年 5 月 3 日采用对角线沟施法施肥, 施肥深度 10 ~ 20 cm, 控释肥处理 CRF1、CRF2、CRF3 一次性施入, 而 SF 处理只施用尿素和复合肥 (表 1)。2008 年 7 月 15 日、2009 年 7 月 15 日、2010 年 7 月 15 日追施硫酸钾。苹果树为多年生作物, 树体秋季贮存的养分显著影响翌年产量与品质。因此试验前 2 年未计产。2010 年 10 月 7 日收获并计其产量。

1.2 样品采集与测定方法

在苹果不同生育期用土钻采集 0 ~ 20 cm 深度土样, 风干后分别过 2 mm 筛保存备用。冬季落叶后采集当年生枝条, 处理方法同叶片样品。

土壤基础肥力及土壤速效养分含量采用常规分析法测定。冬季落叶后采集当年生枝条, 带回实验室用自来水冲洗、蒸馏水漂洗后, 置于烘箱中 105℃ 杀青 15 min, 60℃ 恒温烘干, 粉碎过 0.25 mm 筛保存备用。枝条样品用 H₂SO₄-H₂O₂ 消煮后测定其中所含的氮磷钾含量。采收苹果时, 每棵树采集树冠外围中部果实 20 个, 带回实验室后用间距为 0.8 cm 的双刃刀纵向切取果实, 去掉果皮、果心、果梗。果实品质测定均用鲜样, 总糖的测定采用蒽酮比色法, 总酸含量的测定采用滴定法。

1.3 数据统计分析

田间调查和室内测定数据均采用 Excel、SAS 程序软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 控释肥对土壤养分含量的影响

土壤电导率与土壤溶液含盐量相关, 在非盐渍化地区土壤含盐量与肥料溶解后释放到土壤中的离子量有关, 因此可以用于评价土壤肥力水平。2008 年 5 月 3 日施肥后 SF 处理 0 ~ 20 cm 土层的电导率显著高于对照和控释肥处理, 然后持续降低, 夏天追施硫酸钾前 (7 月 15 日) 达到最低, 追肥后电导率显著升高, 而后持续下降, 直到次年施肥后 (2010 年 5 月 3 日) 才再次升高。2009 年土壤电导率的变化与 2008 年类似。普通肥料由于其速溶性, 施入土壤后短期内迅速溶解, 土壤中可溶性离子含量增加, 因此土壤电导率显著升高。施肥量相同的 CRF1 与 SF 比较, 由于控释肥中部分元素被控释, 因此施肥 7 d 后 CRF1 的电导率低于 SF。2008 年 SF 处理的土壤电导率变化幅度达 75 μs/cm, 而 CRF 处理的变化只有 20 μs/cm (图 1)。

2008 年 SF 处理施肥 7 d 后, 土壤碱解氮含量显著高于其他处理, 至 8 月 10 日土壤碱解氮含量急剧下降; 8 月 10 日至 10 月 10 日土壤碱解氮含量稳定。控释肥处理土壤碱解氮含量变化呈“抛物线”形: 施肥 7 d 后土壤碱解氮含量高于 CK, 但低于 SF 处理, 至 6 月 10 日达到最高, 然后降低, 8 月 10 日至 10 月 10 日土壤碱解氮含量稳定。2009 年土壤碱解氮含量变化趋势与 2008 年类似 (图 2)。

2008 年 SF 处理施肥 7 d 土壤速效磷含量显著

高于其他 4 个处理,然后在整个生长季持续下降 8 月 10 日至 10 月 10 日土壤有效磷含量稳定。控释肥 3 个处理施肥 7 d 后土壤速效磷含量与 CK 接近。控释肥处理土壤速效磷含量变化呈“抛物线”形:施

肥 7 d 后土壤速效磷含量与 CK 无差异,然后逐渐升高 6 月 10 日至 8 月 10 日达到最高,然后逐渐降低。2009 年土壤速效磷含量变化趋势与 2008 年类似(图 3)。

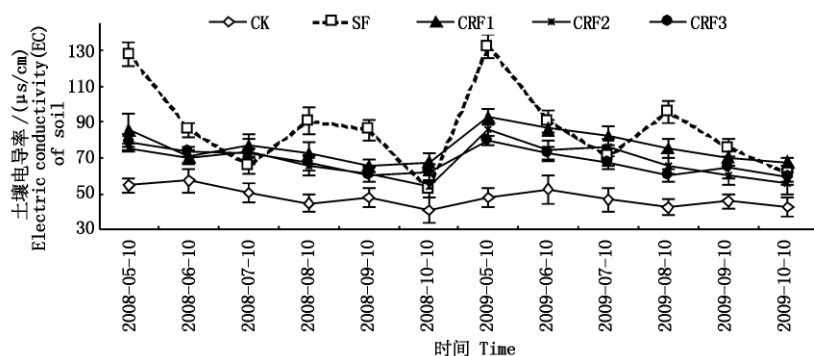


图 1 土壤电导率变化

Fig. 1 Changes of electric conductivity in soil

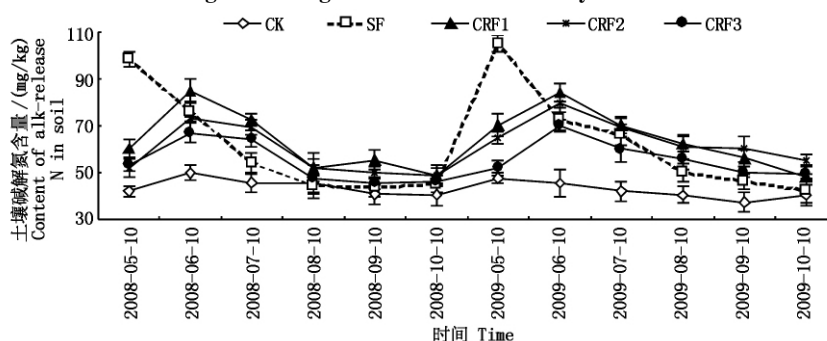


图 2 土壤碱解氮含量变化

Fig. 2 Changes of alkali release N in soil

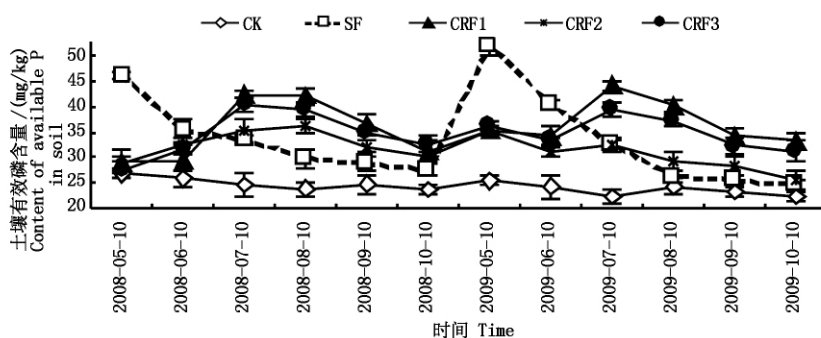


图 3 土壤有效磷含量

Fig. 3 Changes of available P in soil

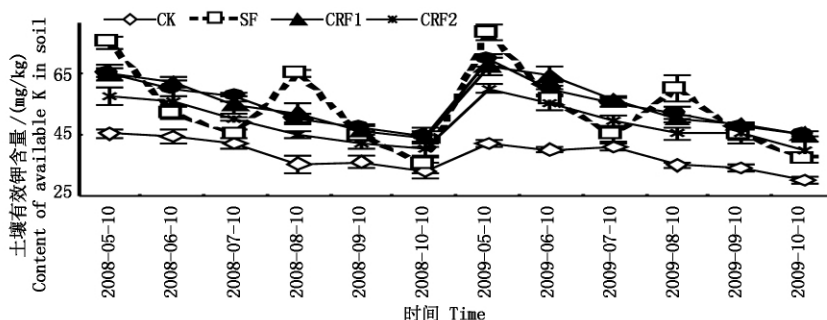


图 4 土壤有效钾含量

Fig. 4 Changes of available K in soil

2008 年, SF 处理施肥 7 d 土壤速效钾含量显著高于其他 4 个处理,然后至 7 月 10 日逐渐下降;由

于 7 月 15 日追施钾肥 8 月 10 日土壤速效钾含量急剧上升;8 月 10 日至 10 月 10 日土壤速效钾含量

逐渐下降。控释肥 3 个处理施肥 7 d 后土壤速效钾含量显著高于 CK,但低于 SF 处理。一个生长期土壤碱解氮与速效磷的变化曲线为“抛物线”形,但是土壤速效钾表现为逐渐下降的趋势。普通钾肥的分次施入,虽然增加了劳动力投入,但是短期内显著地提高了土壤中速效钾含量。相对于控释肥中养分的逐渐释放,普通肥料由于其速溶性,土壤养分变化急剧:施肥量相同的 SF 与 CRF1 相比较,SF 处理的变化幅度为 40 mg/kg 土,而 CRF1 只有 20 mg/kg 土。2009 年土壤速效钾含量变化趋势与 2008 年类似(图 4)。

2.2 控释肥对植株生长发育的影响

果树是多年生植物,它有一个重要生物学特性—贮藏养分。秋季叶片中大部分氮素和一部分矿质营养元素回撤进入枝条等贮藏场所,增加树体营养的贮存。果树早春的生长发育主要是利用上年秋天树体贮存的养分。施用控释肥第一年(2008 年),CRF1 与 CRF2 处理的枝条氮含量高于 CRF3 与 SF 处理;除 CK 外,4 个处理间磷含量差异不显著;CRF1 处理钾含量最高,SF、CRF2、CRF3 处理间钾含量无差异。施

用控释肥第二年(2009 年),CRF1 枝条氮含量最高,控释肥 3 个处理的枝条氮含量都高于 SF 处理;CRF1 处理的枝条磷含量显著高于 SF 处理,而 CRF2、CRF3 与 SF 处理差异不显著;CRF1、CRF3 处理的枝条钾含量高于 SF。施肥量相同的 SF 与 CRF1 处理比较,CRF1 处理 2 年的枝条氮磷钾显著高于 SF 处理,说明施用控释肥能显著增加枝条贮存的养分,这与邵蕾等^[8]在辽伏苹果上施用控释肥后的结果一致。周波等^[9]在一串红穴盘育苗上施用控释肥也证实了控释肥能显著提高植株贮存的养分,为作物的生长打下良好的营养基础(表 2)。

SF 处理与 CRF1 相比较,两者的施肥量相同,两者之间的果实酸含量差异不显著(表 3)。但是相对于 SF 处理,CRF1 处理的果实糖含量、糖酸比和单果质量分别提高了 12.92%、22.90%、17.96%。控释肥 3 个处理间比较,糖、酸和糖酸比均无显著差异。相对于 SF,即使减少肥料施用量的 CRF2、CRF3 处理的糖、糖酸比与 SF 差异也不显著。CRF1 处理的单果质量最大,CRF2 与 CRF3 处理间无差异,但是高于 SF 处理。

表 2 施肥处理对枝条贮存养分的影响

Tab. 2 Effects of fertilizer treatments on content of N, P, K in branches

%

处理 Treatment	2008			2009		
	N	P	K	N	P	K
CK	1.14c	0.35b	0.29c	1.01d	0.32c	0.24c
SF	1.51b	0.37ab	0.36b	1.52c	0.38b	0.34b
CRF1	1.81a	0.42a	0.42a	1.84a	0.44a	0.45a
CRF2	1.64a	0.37ab	0.36b	1.65b	0.40ab	0.38ab
CRF3	1.52b	0.36ab	0.36b	1.62b	0.42ab	0.46a

注:在同一列中的数据用邓肯多重比较分析,凡尾部标有不同字母的数值表示其间差异显著($p < 0.05$)。表 3 同。

Note: Means in the same vertical column with the same letter are not different significantly at the 5% level. The same as Tab. 3.

表 3 施肥处理对 2010 年苹果品质的影响

Tab. 3 Effects of fertilizer treatments on apple quality in 2010

处理 Treatment	糖 / % Sugar	酸 / % Acid	糖酸比 Sugar/Acid	单果质量 / g Single fruit weight
CK	10.31c	0.41a	25.15c	205.14d
SF	12.54b	0.37b	33.89b	227.92c
CRF1	14.16a	0.34bc	41.65a	268.86a
CRF2	13.12ab	0.36bc	36.44ab	243.82b
CRF3	13.13ab	0.33c	39.79a	238.49b

表 4 经济效益分析

Tab. 4 Effects of fertilizer treatments on economic profit

处理 Treatment	投入 / (元/hm ²) Investment	产量 / (kg/hm ²) Yield	产出 / (元/hm ²) Output	经济效益 / (元/hm ²) Economic benefit
CK	0	25 259.26d	202 074.07d	202 074.07d
SF	9 382.22	34 642.59c	277 140.74c	267 758.52c
CRF1	14 300.00	40 925.93a	327 407.41a	313 107.41a
CRF2	11 450.00	37 353.70 b	298 829.60 b	287 379.60 b
CRF3	11 550.00	39 955.56ab	319 644.44ab	308 094.44 ab

注:投入 = 肥料施用量投入 × 价格;产出 = 苹果产量 × 苹果价格;经济效益 = 产出 - 投入。普通尿素 2 元/kg,控释 BB 肥 4.5 元/kg,复合肥 2.8 元/kg,硫酸钾 6 元/kg,苹果 8 元/kg。

Note: Investment = dosage of fertilizer × price of fertilizers; Output = yield × price of apple; Economic profit = output - investment. The price of urea was 2 Yuan/kg, coated controlled blend bulk fertilizers was 4.5 Yuan/kg, the compound fertilizer was 2.8 Yuan/kg, potassium sulphate was 6 Yuan/kg, and the apple was 8 Yuan/kg.

SF 和 CRF1 处理两者的施肥量相同,由于控释肥的价格高于普通肥料,相对于 SF 处理,CRF1 处理的投入增加 52.42%,但是 CRF1 处理的产出增加了 18.14%(表 4)。综合考虑投入和产出,相对于 SF 处理,CRF1 处理的经济效益增加了 16.94%。相对于 SF 处理,CRF2 和 CRF3 处理减少了肥料的施用量,但是经济效益分别提高了 7.33%、15.06%。控释肥 3 个处理间比较,减量控释肥 CRF2 和减氮控释肥 CRF3 处理的投入低于 CRF1 处理,CRF3 处理的产量、产出和经济效益与 CRF1 差异不显著,但是 CRF2 处理的产量、产出和经济效益显著低于 CRF1。

3 讨论

3.1 掺混控释肥对果实产量、品质的影响

控释肥缓慢释放其中所含的养分,在作物整个生长期持续供应养分。但是由于控释肥施用后短期内养分释放缓慢,土壤中养分的供应可能不能满足作物的需求。将控释肥与普通肥料掺混后,既满足了作物整个生长期养分的需求,又有效地解决了控释肥养分释放的滞后性问题。控释肥处理施肥 7 d 后土壤电导率、碱解氮、速效钾含量低于普通肥料处理,但是高于对照。大量试验表明,控释肥在实验室和土壤中养分释放速率变化曲线成“抛物线”形,因此土壤中养分含量变化曲线也是“抛物线”形^[16-8]。本试验中,控释肥处理在一个生长期土壤碱解氮、速效磷含量的变化曲线呈“抛物线”形,但是土壤速效钾含量变化曲线是逐渐下降的趋势,原因可能是:本试验所用的控释肥控释钾素(CRFa 控钾 25%、CRFb 控钾 21%)所占施用量的比例显著低于控释氮磷(CRFa 控氮占 55%,控磷 100%,CRFb 控氮占 65%,控磷 75%),因此,施肥后土壤速效钾含量显著升高。

普通肥料由于其速溶性,施肥后土壤速效养分变化曲线表现为逐渐下降趋势,而且变化幅度大;控释肥的缓慢释放保证了养分持续供应,而且变化幅度小。因此,施肥量相同的 CRF1 与 SF 比较,CRF1 的果实品质与产量显著高于 SF,即使降低肥料的施用量,CRF2 与 CRF3 处理的产量和品质仍然不低于 SF 处理。

3.2 掺混控释肥的经济效益分析

控释肥由于价格高,限制了其在农业上普遍推广。包膜控释肥可以提高肥料的养分利用率 50%~100%。因此,在减少控释肥用量减施 1/3 至 1/2 的情况下还有明显的增产效果,显著提高了经济效益^[10-12]。本试验中等量施用(CRF1)的情况下,虽然投入提高 52.42%,但是产量增加,因此经济效益

增加了 16.94%。相对于 CRF1,减氮控释肥 CRF3 处理的氮素施用量减少了 38.34%,但是经济效益两者间无差异;减量控释肥 CRF2 处理虽然投入最低,但是其经济效益低于 CRF1 与 CRF3 处理。因此,从提高果实品质、减少肥料的投入、增加经济效益的角度考虑,本试验的最佳施肥处理为减氮控释肥 CRF3 处理。

4 结论

普通肥料由于其速溶性,施肥后土壤速效养分变化曲线在一个生长期表现为逐渐下降趋势;将控释肥与普通肥料掺混后,既解决了控释肥施用前期养分释放缓慢的问题,又满足了作物整个生长期内养分的需求。

施肥量相同的 SF 与 CRF1 处理相比较,CRF1 处理的产量、品质、经济效益显著高于 SF 处理;即使减少肥料的施用量,CRF2、CRF3 处理的产量、品质、经济效益仍不低于 SF 处理。

从提高果实的口感、减少肥料的投入、增加经济效益的角度考虑,本试验的最佳施肥处理为减氮控释肥 CRF3 处理。

参考文献:

- [1] 邵 蕾,王丽霞,张 民,等.控释肥类型及氮素水平对氮磷钾利用率的影响[J].水土保持学报,2009,23(4):170-175.
- [2] Beach S E,Starman T W,Eixmann K L,et al. Reduced end-of-production fertilization rate increased postproduction shelf life of containerized vegetative annuals [J]. HortTechnology 2009,19(1):158-167.
- [3] Morgan K T,Cushman K E,Sato S. Release mechanisms for slow-and controlled-release fertilizers and strategies for their use in vegetable production [J]. HortTechnology, 2009,9(1):10-12.
- [4] 董 亮,张玉凤,李 彦,等.包膜控释 BB 肥对大葱产量、品质及养分含量的影响[J].西北农业学报,2011,20(3):155-160.
- [5] Medina L C,Obreza T A,Sartain J B,et al. Nitrogen release patterns of mixed controlled-release fertilizer and its components [J]. HortTechnology 2008,18(3):475-480.
- [6] 宋付朋,张 民,史衍奎,等.控释氮肥的氮素释放特征及其对水稻的增产效应[J].土壤学报,2005,42(2):619-622.
- [7] 付乃峰,洪永聪,丁兆堂.控释肥与尿素配施对茶园土壤碱解氮含量和茶叶品质的影响[J].西北农业学报,2010,19(4):106-109.
- [8] 邵 蕾,张 民,陈学森,等.控释氮肥对土壤和苹果树氮含量及苹果产量的影响[J].园艺学报,2007,34(1):43-46.
- [9] 周 波,刘登民,聂宜民,等.花卉专用控释肥对一串红穴盘育苗及移栽后的效应[J].山东农业大学学报:自然科学版,2010,41(4):517-521.
- [10] 刘 飞,诸葛玉平,陈增明,等.控释肥对马铃薯产量、氮素利用率及经济效益的影响[J].中国农学通报,2011,27(12):215-219.
- [11] 赵 斌,董树亭,张吉旺,等.控释肥对夏玉米产量和氮素积累与分配的影响[J].作物学报,2010,36(10):1760-1768.
- [12] Entry J A,Sojka R E. Matrix based fertilizers reduce nitrogen and phosphorus leaching in greenhouse column studies [J]. Water Air Soil Pollute 2007,180:283-292.