

控释氮肥对温室番茄增产效应及利用率的研究

龙锦林, 杨守祥, 史衍玺

(山东农业大学资源与环境学院, 山东泰安 271018)

摘要: 利用田间试验, 对控释氮肥与尿素影响温室番茄产量、生长、叶片含氮量及氮素利用率进行研究。试验结果表明: 在日光温室栽培条件下, 控释肥能够明显提高番茄的产量。在等氮量(600 kg/hm²(公斤/公顷))前提下, 控释尿素处理的产量比尿素多 34.35 t/hm²(吨/公顷), 增产率也提高 24.55 个百分点。甚至在施氮量减半的情况下, 控释尿素处理的产量和增产率仍比尿素高。试验结果还表明: 与尿素相比, 控释尿素在番茄生育的中后期能明显提高叶片中氮素含量, 从而表明控释尿素的养分释放, 可满足番茄全生育期对氮素的需要。同时, 控释尿素也能提高总生物量和叶片干物量。从氮素利用率来看, 控释素为 37.91%~59.98%, 而尿素利用率只有 10.92%~16.06%。在等施肥量的情况下, 不考虑施肥方式等其它因素, 控释肥的当季利用率是尿素 2.4 倍。

关键词: 控释肥; 温室; 番茄; 氮素利用率

中图分类号: S625.5⁺4; S641.2 **文献标识码:** B **文章编号:** 1001-0009(2003)05-0038-03

近几年随着农村产业结构的调整, 温室蔬菜生产得以迅速的发展^[1], 成为我国蔬菜生产发展的主要趋势。但生产中, 为了追求高产, 菜农往往施用大量的化肥^[2], 尤其是氮肥。氮肥的大量投入, 加上温室所特有的气候条件和大水漫灌等传统管理措施, 造成了我国温室蔬菜生产中氮素利用率远低于我国 30% 氮的当季利用率^[3]。由此造成土壤次生盐渍化、地下水污染和蔬菜品质恶化等一系列环境问题和食品安全问题^[4-7]。在保证蔬菜高产优质的前提下, 提高温室蔬菜生产中氮素利用率、降低环境风险, 对于我国温室蔬菜生产的可持续发展具有十分重要的意义。

应用包膜控释技术提高肥料的利用率, 已引起国内外的广泛关注^[8]。在其它作物上的试验表明, 控释肥能够有效地减少土壤氮素的淋失, 提高氮肥的利用率^[9]。本试验主要研究以有机高分子聚合物为包膜材料的控释尿素对温室番茄氮肥利用率和产量的影响, 从而为控释肥在温室蔬菜生产中推广应用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验于 2001 年 11 月至 2002 年 6 月在山东省肥城市农业科技示范园进行。本试验选用 3 年棚龄的温室大棚, 其耕作层土壤($\delta=20$ cm(厘米))pH 7.8、碱解氮、速效磷和速效钾分别为 57.96 mg/kg(毫克/公斤)、57.6 mg/kg(毫克/公斤)和 138.4 mg/kg(毫克/公斤)。包膜控释肥是国家“948”项目“自控缓释制作技术(971053)”在本院实验室研制的包膜控释尿素, 采用粒径 3 mm~5 mm(毫米)的大颗粒尿素, 以高分子聚合物为包膜材料, 添加成孔剂, 释放时间为 110 d(天), 含 N 量为 40%。

1.2 试验方案

根据当地习惯施肥量(为 1 200 kg/hm²(公斤/公顷)), 尿素设计 600 kg/hm²(公斤/公顷)和 1 200 kg/hm²(公斤/公

顷)两个用量水平, 控释尿素用量减半, 分别为 300 kg/hm²(公斤/公顷)和 600 kg/hm²(公斤/公顷), 加上不施肥对照处理和当地的习惯施肥处理, 共 6 个处理, 2 次重复。为防止高氮量基肥对作物的伤害, 尿素低量处理的 50% 氮基肥, 50% 的氮在 2002 年 1 月 14 日追施, 而尿素高量处理 25% 的氮基肥, 剩下的 25% 和 50% 分别在 2002 年 1 月 14 日和 2002 年 3 月 9 日追施。控释尿素处理的氮均作为基肥施用。磷肥和钾的施用量都为 600 kg/hm²(公斤/公顷), 作为基肥一次性施入土壤。每个小区面积 $a=2.4 \times 7.2$ m²(平方米)。供试作物选用当地的主要栽培蔬菜——番茄(“温室 68”, 属早熟品种), 行株距 60 cm×30 cm(厘米), 2001 年 11 月中旬移栽, 2002 年 6 月初试验结束。其它管理措施如灌溉等均与当地的传统习惯一致。

1.3 测定项目及方法

在不同时期对作物的叶片进行取样, 分析叶片中的氮含量。同时在作物的盛果期和拉秧期取植株样, 根、茎、叶分开, 烘干后测定其干物重和全氮含量。在果实采摘期, 记录产量并测定鲜果水分, 然后烘干。测定根、茎、叶和干果的全氮含量均用常规方法。

2 结果与分析

表 1 控释肥对温室番茄产量影响及其增产效益

处理	鲜果产量 (t/hm ²)	增产率 (%)	肥料生产率 (t/kg)	边际产量	生产弹性 系数
CK	139.19	—	—	—	—
N1	171.30	22.44	5.35	5.35	1.00
N2	164.48	17.55	2.11	-1.14	-0.54
控 N1	185.76	32.77	15.52	15.52	1.00
控 N2	205.65	46.99	11.08	6.63	0.60
习惯施肥	188.86	34.99	3.99		

注: 肥料生产率为单位氮肥用平均所能生产的番茄数量; 边际产量为增加单位氮肥用量所能增加的番茄数量; 生产弹性系数为边际产量与肥料生产率之比。

2.1 不同施肥处理对番茄产量、肥料生产率的影响

试验结果表明, 不同处理间产量呈现显著性差异(见表1), 与对照相比, 各施肥处理的产量均有不同程度的提高, 增产率为17.55%~46.99%, 其中以控N2处理的产量最佳, 为205.65t/hm²(吨/公顷), 其它处理间产量依次是为习惯施肥>控N1>N1>N2。在等氮量(600 kg/hm²(公斤/公顷))条件下, 控释尿素处理的产量比尿素多34.35 t/hm²(吨/公顷), 增产率也提高24.55个百分点。尽管控N1处理在氮肥施用量是N1和N2处理1/2或1/4, 但前者的产量和增产率仍然高于后二者。这表明控释尿素比常规尿素具有明显的增产效应和优势。在不同尿素处理间, 虽然N1的施氮量低于N2处理, 但前者的产量却高于后者。这可能是由于N2处理第二次追肥量大, 导致番茄的营养生长过旺, 从而影响生殖生长。

从表1可知, 不同处理间肥料生产率存在显著的差异, 而且在二种肥料中呈现出随氮肥用量的增加而降低的趋势。尽管控N1处理的增产效果不是最佳, 但其肥料生产率最高, 为15.52 t/hm²(吨/公顷)明显高于其它处理, 这表明该处理中单位氮素产生的效益优于其它处理。在等氮量(600 kg/hm²(公斤/公顷))处理间相比, 控N2肥料生产率是N1处理的2.1倍左右。这表明: 由于尿素在前期释放养分快, 肥料产生的效益不高, 而控释肥能够持续养分供应, 实现作物对养分的高效利用。

2.2 不同肥料对番茄中后期生长的影响

表2 各处理作物不同部位在中后期的生物量

处理	2002-3-4 (kg/hm ²)					2003-6-17 (kg/hm ²)				
	总干重	叶	茎	根	冠/根比	总干重	叶	茎	根	冠/根比
CK	1162.62	567.13	465.86	129.63	7.97	4362.65	3190.59	879.63	277.78	14.65
N1	1578.13	868.06	574.65	135.42	10.65	7270.12	5518.05	1335.31	399.31	17.16
N2	1625.58	896.99	601.85	126.74	11.83	8290.40	6458.33	1504.63	300.35	26.51
控N1	1952.55	1104.75	739.00	108.80	16.95	8849.70	6641.59	1967.59	196.76	43.75
控N2	2306.13	1302.08	908.56	95.49	23.15	9628.14	7326.39	2062.57	190.51	49.28
习惯施肥	2129.05	1076.39	868.06	184.61	10.53	8869.08	6851.85	1782.41	189.18	45.64

在二种肥料处理中, 作物总秸秆生物量随着施肥量的增加而增加。由于控释肥料能有效控制肥料中养分的释放, 在满足作物养分的需求的基础上, 延长养分的供应周期, 克服了常规化肥的养分猛、短等特点。因此在作物生育期的中后期, 控释肥料处理的秸秆生物量远远高于尿素处理。在采果初期(3月4日), 控N2处理总生物量最高2306.13 kg/hm²(公斤/公顷), 比同等养分的N1处理高728 kg/hm²(公斤/公顷), 其次是控N1, 为1952.55 kg/hm²(公斤/公顷)。最低的是N1处理。在拉秧期, 各处理的总生物量的情况与初果期基本一致。

在初果期(3月4日), 控N2处理叶片干物质重比其它处理要高。尽管控N1的施N量低于N1和N2处理, 控N1处理叶片干物质重分别比N1和N2处理高236.69 kg/hm²(公斤/公顷)和207.76 kg/hm²(公斤/公顷)。从表上也可看出控释肥料处理的叶片干物质质量占生物量的百分比要比尿素处理的略高。在拉秧期控N2处理的叶片干物重最大, 为7326.39 kg/hm²(公斤/公顷)。在同种肥料处理之间, 施氮量的处理叶片干物重>低氮量处理。在等养分量(600 kg/

hm²(公斤/公顷))不同肥料处理之间: 控N2>N1。由于施肥不同, 控N1处理与N2处理叶片干物重在此时没有显著性差异。方差分析表明: 叶片干物重大小与番茄果实产量存在极好的相关性(各时期R>0.85(n=6))。

试验结果表明: 控释肥料能提高作物的冠/根比。在初果期(3月4日), 由于肥料养分强度供应不同, 各施肥处理间的冠/根比也存在差异。对照处理的冠/根比明显低于其它处理。尿素处理中土壤养分的大量淋失, 造成冠/根比也比较低。与等养分的控释尿素相比, 尿素处理的冠/根比比控释尿素低12.5个百分点。随着作物进一步的生长发育, 作物需肥量的增大, 各处理的冠/根比也随之增加, 但是各施肥处理冠/根比值的差异也有所增加。在等养分量(600 kg/hm²(公斤/公顷))的各处理之间, N1处理的冠/根比要比控N2处理低31.23%, 这可能是土壤养分缺乏时, 不能满足作物对养分的需求, 可能会导致作物冠/根比的下降。同时控释肥的集中施用, 会影响作物的根系向四周生长, 从而影响冠/根比。

2.3 不同肥料对番茄叶片氮含量的影响

表3 不同处理不同时期叶片氮量 (mg/kg)

处理	2001-12-5	2002-3-4	2002-4-1	2002-5-18	2002-6-17
CK	45.80	34.49	25.36	21.14	19.53
N1	50.21	35.88	27.24	24.58	20.78
N2	49.85	36.00	30.00	33.23	24.63
控N1	48.14	37.81	37.91	35.17	23.33
控N2	47.97	39.19	43.38	35.50	25.15
习惯施肥	—	37.65	42.00	33.21	30.36

叶片养分分析结果表明, 各处理叶片中氮素含量随着生育进程而发生显著性变化。营养生长早期含量高, 随后呈逐步下降的趋势。这是由于作物进入旺盛生长后产生的稀释效应所致。然而不同处理叶片中氮素含量在各个时期存在差异, 而叶片中氮素含量降低幅度也有所差异。在作物苗期, 与对照相比, 各施肥处理叶片中氮素含量均有明显提高, 其中尿素处理为49.85 mg/g~50.21 mg/g(毫克/克), 高于控释尿素处理, 这是由于控释肥在前期的养分释放慢及尿素的水解速度快而造成作物吸收氮往往会超过当前的生长需要, 并把这部分氮贮藏起来以供应后期生长需要。当作物进入营养生长与生殖生长并进时期, 控释尿素处理叶片氮素含量显著高于尿素处理。其中从3月4日到4月1日大约一个月的时间, 尿素处理叶片氮素含量降低17.1%~24.1%, 而控N1处理保持不变, 控N2处理反而上升, 这表明控释肥能在一定程度上较好满足作物对氮素需要。由盛果期到拉秧期, 作物根系活力的下降, 从土壤中吸收养分量逐渐减少, 从而造成叶片中氮素大量向果实中转移。在拉秧期各处理叶片氮素含量降到最低值, 而且各处理间的差异也有所缩小。各处理叶片含氮量依次为: 控N2>N2>控N1>N1>CK。这表明控释尿素养分能够满足作物的需要, 从而防止作物发生早衰现象。从表3也可知, 在番茄中后期, 控释尿素的叶片氮素含量降低幅度大于尿素, 这也暗示控释肥有利于氮素从非经济器官向经济器官运转。另外在拉秧期, 习惯施肥处理叶片氮素含量高于其它试验处理, 这与该处理的施肥量和施肥方式有关。

同时,也表明当地的习惯施肥有使番茄在后期出现“贪青”的现象,造成养分的浪费。

2.4 不同肥料对作物吸氮量和氮肥的利用率影响

在番茄的初果期和拉秧后期,我们对作物进行采样、烘干、称重,测定植株中全氮含量并计算出作物的吸氮量,以及用差值法计算氮肥的利用率(见表4)。在初果期,各处理间作物量存在明显的差异。与CK处理相比,各施肥处理氮素吸收量均有不同程度地提高。控N2处理作物实际吸收氮量最高,达到76.55 kg/hm²(公斤/公顷),其次是控N1、习惯施肥和N2处理,分别为70.98 kg/hm²(公斤/公顷)、57.23 kg/hm²(公斤/公顷)和54.04 kg/hm²(公斤/公顷);最低是N1处理,只有51.09 kg/hm²(公斤/公顷)。不同肥料处理作物吸氮量却达到极显著差异(F_{0.01}=18.377)。随着作物的生长、需氮量的增加以及控释肥释放速率的加快,以及灌溉次数频繁,尿素处理的土壤硝酸盐淋失严重,各施肥处理作物实际吸氮量差异进一步加大。在番茄的拉秧期,控N2处理的吸收量仍然最高,为370.6654.04 kg/hm²(公斤/公顷),比等养分量N1处理高131.09 kg/hm²(公斤/公顷)。此外,尽管控N1处理的施氮量是N1和N2处理的1/2和1/4,但前者的氮吸收量却比后二者要高。在控N1与习惯施肥相比,前者在初果期的吸氮量高于后者,而在拉秧期低于后者,这与习惯施肥处理施氮量大和长期追肥有关。

同时从表4可知,控释肥的氮素利用率明显高于尿素。其中控N1处理的氮素利用率达到59.98%;控N2处理的氮素利用率为37.91%;而N2处理的和N1处理的分别只有10.92%和16.06%。习惯施肥处理的氮素利用率也只有17.24%,试验结果表明,在等施肥量的情况下,不考虑施肥方式等其它因素,控释肥的当季利用率比尿素高21.85%。同时,习惯施肥处理的施氮量大(1245 kg/hm²(公斤/公顷)),而氮肥利用率低表明了在当地温室蔬菜栽培生产中,肥料浪费现象相当严重。

表4 不同时期番茄氮素吸收量及氮肥的利用率

处理	初果期	拉秧期	氮素利用率(%)
CK	36.18	143.20	—
N1	51.09	239.57	16.06
N2	54.04	274.25	10.92
控N1	70.98	323.14	59.98
控N2	76.55	370.66	37.91
习惯施肥	57.23	357.88	17.24

3 结论

随着农业的发展,对肥料提出了更高的要求,养分的高效利用和对环境保持友好始终是追求的目标。由于传统的灌溉方式,造成肥料的大量损失,肥料养分利用率低,从而产生严重的经济损失和环境污染。已引起人们的高度关注。本论文在温室栽培条件下,对控释肥和尿素对温室番茄增产效应比较研究表明,控释肥能够明显提高番茄的产量。在等氮量(600 kg/hm²(公斤/公顷))前提下,控释尿素处理的产量比尿

素多34.35 t/hm²(吨/公顷),增产率也提高24.55个百分点。甚至在施氮量减半的情况下,控释尿素处理的产量和增产率仍比尿素高。试验结果还表明:与尿素相比,控释尿素在番茄生育的中后期能明显提高叶片中氮素含量,从而表明控释尿素的养分释放,可满足番茄全生育期对氮素的需要。同时,控释尿素也能提高总生物量和叶片干物量。从氮素利用率来看,控释尿素为37.91%~59.98%,而尿素利用率只有10.92%~16.06%。在等施肥量的情况下,不考虑施肥方式等其它因素,控释肥的当季利用率是尿素2.4倍。这些结果表明,控释肥有较强的推广前景和应用空间。

参考文献:

- [1] 张真和,李建伟.我国设施园艺的发展态势及问题探讨[J].中国蔬菜,1999(3):1~4.
- [2] 马文奇,毛达如,张福锁.山东省大棚蔬菜施肥中存在的问题及对策.平衡施肥与可持续优质蔬菜生产[M].北京:中国农业出版社,2000.41~47.
- [3] 李俊良等.保护地番茄养分利用及土壤氮素淋失[J].应用与环境生物学报,2001.7(2):126~129.
- [4] 周艺敏,任顺荣.氮素化肥对蔬菜硝酸盐积累的影响[J].华北农学报,1989.4(1):110~115.
- [5] 黄建国,袁玲.重庆市蔬菜硝酸盐亚硝酸盐含量及其与环境的影响[J].生态学报,1996.16(4):383~388.
- [6] 童有为,陈淡飞.温室土壤次生盐渍化的形成和治理途径研究[J].园艺学报,1991.18(2):159~162.
- [7] 吕殿青.氮肥施用对环境污染影响的研究[J].植物营养与肥料学报,1998.4(1):8~15.
- [8] 何绪生等.控释肥的研究进展[J].植物营养与肥料学报,1998.4(2):97~106.
- [9] S. Paramasivam and A. K. Alva 1997 leaching of nitrogen forms from controlled-release nitrogen fertilizers[J]. Commun. Soil Sol. Plant Anal. 28(17&18), 1663~1674.
- [10] 郑圣先.控释肥料提高N素利用率作用及对水稻效应研究[J].植物营养与肥料学报,2001.7(1):11~16.

2004 年《广东园艺》征订启事

《广东园艺》是经广东省出版局批准出版,由广东省园艺学会主办的普及与提高相结合的综合性园艺科技刊物,主要刊登广东及兄弟省热带亚热带果树、蔬菜、观赏园艺试验研究报告,专题综述文稿,报导最新科技成果及产供销信息,介绍名特优稀新品种及栽培、保鲜、加工技术和生产管理经验,回答生产者最关心的技术问题,适合各级园艺科研、教学、生产、经营人员、院校师生、园艺专业户参阅。

《广东园艺》为彩封季刊,逢季末月出版,16开本,48页。每期5元,全年20元(包邮寄),目前自办发行。汇款地址:广州市五山路省农业科学院果树研究所广东园艺学会《广东园艺》编辑部,邮政编码:510640 联系电话:020-38765417