



保护地蔬菜高产下的养分循环与平衡施肥技术研究

朱静华, 王正祥, 高贤彪, 李明悦

(天津市农业资源与环境研究所, 天津 300192)

摘要: 本研究在天津主要保护地蔬菜种植区-天津市西青区辛口镇第六埠村进行黄瓜、茼蒿、小白菜和番茄轮作的养分循环定位试验。研究保护地蔬菜高产下的不同养分循环及平衡施肥技术。以农民常规施肥产量为对照, 黄瓜的最佳施肥处理是 1/2(NPK), 增产 562.9 公斤/亩, 增收 742 元/亩; 茼蒿最佳施肥处理是 5/4(NPK), 增产 296.3 公斤/亩, 增收 445 元/亩; 小白菜和番茄的最佳施肥处理均是 NPK, 分别增产 622.3 公斤/亩和 511.1 公斤/亩, 增收 498 元/亩和 440 元/亩。蔬菜的养分积累量与产量、施肥量有关, 黄瓜和茼蒿的产量达到最高时, 黄瓜果实、茼蒿植株中 N、P、K 积累量最高; 小白菜和番茄果实中的养分积累量趋势是随着施肥量的增高而增高。黄瓜土壤残留有效氮含量比种植前增高 8.25 毫克/升; 茼蒿土壤残留有效氮含量比种植前平均降低 15.5 毫克/升, 茼蒿、小白菜、番茄土壤残留有效氮含量相差不大。连续种植蔬菜土壤残留有效 P 含量变化不大, 土壤残留有效 K 含量随着施钾量的增加而增加。养分平衡概算结果显示, 黄瓜和番茄施有机肥, 养分盈余较多; 小白菜实收产量比目标产量高, 氮素呈亏缺状态。

关键词: 蔬菜, 施肥管理, 养分积累量, 土壤残留养分

蔬菜是天津农业发展的支柱产业。菜田面积 6.28 万公顷。菜田播种面积 13.46 万公顷, 复种指数 2.14。2006 年蔬菜总产量 500 万吨。农民为了获取高产出、高收益, 对肥料的投入成倍增长, 但由于菜田施肥管理缺乏技术规范和科学指导, 造成了土壤板结, 肥力下降和地表水出现富营养化^[1,2,3]。2006 年和 2007 年在国际植物营养研究所 (IPNI) 的资助下, 在天津市蔬菜上开展了高产下的养分循环与平衡施肥技术研究^[4,5], 在不同蔬菜作物轮作下, 连续进行黄瓜、茼蒿、小白菜和番茄养分循环定位试验。

1 材料与方方法

1.1 土壤状况

试验地点选在天津市西青区辛口镇第六埠村沈世新保护地, 是监测村的农户。供试土壤速效养分含量测定采用 ASI 法。试验区基础土壤养分状况见表 1。土壤类型属潮土, 母质为河流冲积物。

表 1 试验区土壤理化性状 (毫克/升)

作物	分析号	pH	OM%	NH ₄	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Cu	Mn	Zn	B
黄瓜	ASD-W-3	7.8	1.25	13.7	222.3	277.6	2100	864	153.7	16.5	6.2	8.1	13.8	2.8

1.2 试验设计

根据当地蔬菜轮作制度, 进行了连续四茬定位试验。从 2006 年 4 月 1 日黄瓜开始至 2007 年 6 月番茄结束, 两茬果菜和两茬叶菜的作物, 轮作蔬菜是第一茬黄瓜、第二茬茼蒿、第三茬小白菜、第四

茬番茄。

施肥方案以蔬菜作物的目标产量为准,依据天津监测村第六埠菜田养分管理及施肥决策系统软件推荐。黄瓜目标产量设8000公斤/亩;茼蒿2000公斤/亩;小白菜2500公斤/亩;番茄5500公斤/亩。施肥处理相同,施肥量不同。试验区设5个施肥处理,是1/2(NPK)、3/4(NPK)、NPK处理(假设为最佳处理)、5/4(NPK)、FP,试验施肥设计见表2,小区面积15平方米。

表2 试验处理养分用量(公斤/亩)

茬数	作物	序号	处理	有机肥	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	备注
第一茬	黄瓜	1	1/2(NPK)	3000	32.0	5.0	10.0	有机肥底施;磷酸二铵1/2底施,1/2追施;氯化钾1/2底施,1/2追施;尿素分2次追施。微量元素喷施。
		2	3/4(NPK)	3000	48.0	7.5	15.0	
		3	NPK	3000	64.0	10.0	20.0	
		4	5/4(NPK)	3000	80.0	12.5	25.0	
		5	FP	3000	27.5	11.5	18	
第二茬	茼蒿	1	1/2(NPK)	0	6.5	4.0	12.5	不施有机肥,磷酸二铵和氯化钾4/5底施,其余追施;尿素分三次追施。
		2	3/4(NPK)	0	9.8	6.0	18.8	
		3	NPK	0	13.0	8.0	25.0	
		4	5/4(NPK)	0	16.3	10.0	31.3	
		5	FP	0	18.4	0	0	
第三茬	小白菜	1	1/2(NPK)	0	1.5	4.0	10	不施有机肥,磷酸二铵和氯化钾底施。
		2	3/4(NPK)	0	2.3	6.0	15	
		3	NPK	0	3.0	8.0	20	
		4	5/4(NPK)	0	3.8	10.0	25	
		5	FP	0	0	0	0	
第四茬	番茄	1	1/2(NPK)	3000	15.4	6.0	10.5	有机肥底施,磷酸二铵、氯化钾和尿素均分3次追施,微量元素喷施。
		2	3/4(NPK)	3000	23.0	9.0	15.8	
		3	NPK	3000	30.7	12.0	21.0	
		4	5/4(NPK)	3000	38.4	15.0	26.3	
		5	FP	3000	22.5	6.4	34.2	

注:黄瓜有机肥含N 1.84%、P₂O₅ 2.19%、K₂O 1.39%、含有机质27.7%、含水量30%;番茄有机肥含N 2.23%、P₂O₅ 3.33%、K₂O 2.17%、有机质37.6%、含水量30%。尿素含N 46%,磷酸二铵含P₂O₅ 46%、N 18%,氯化钾含K₂O 60%。

2 结果与分析

2.1 不同施肥管理水平对蔬菜产量的影响

在保护地同一地块连续进行黄瓜、茼蒿、小白菜和番茄不同养分管理定位试验,每茬蔬菜施肥处理相同,施肥量不同。以农民常规施肥的产量为对照,与不同施肥管理水平的产量进行比较,由表3结果可见,当黄瓜最佳施肥处理是1/2(NPK),产量达到最高,为5674.0公斤/亩,比FP增产12.2%;茼蒿

蒿最佳施肥处理是 5/4(NPK)，最高产量为 1896.4 公斤/亩，增产 18.5%；小白菜和番茄最佳施肥处理都是 NPK，最高产量分别是 4400.2 公斤/亩和 5777.8 公斤/亩，增产是 16.5% 和 9.7%。对产量结果进行分析，黄瓜的实际产量比目标产量低 2722 公斤/亩，由于是在高产条件下，设计的目标产量过高，施肥量相应就高，黄瓜土壤残留有效养分含量也高，实际上氮磷钾总养分量一半的 1/2(NPK)处理是合理的施肥量。由于黄瓜土壤残留养分含量高，对下一茬蒿产量也有影响，黄瓜施肥量为 1/2 (NPK) 时，产量最高，下茬蒿产量最低（是 1777.9 公斤/亩）；黄瓜施肥量为 5/4 (NPK) 时，产量最低为 5111.1 公斤/亩（除 FP 处理外），下茬蒿产量最高。蒿和番茄的实际产量与目标产量相差不大，小白菜的实际产量比目标产量高 1944.7 公斤/亩。蔬菜产量统计分析结果表明，与农民常规施肥的产量比较，黄瓜 1/2 (NPK) 产量差异达显著水平；蒿 1/2 (NPK) 产量差异达显著水平，其他处理产量差异达极显著水平；小白菜各处理产量与 FP 差异均达极显著水平；番茄是 3/4 (NPK)、NPK 处理产量差异达极显著水平。

表 3 不同施肥量对蔬菜产量的影响 (公斤/亩)

作物	处理	产量	平均	增产 %
黄瓜	1/2 (NPK)	5711.3	5688.7	12.2
	3/4 (NPK)	5178.0	5400.0	4.0
	NPK	5178.0	5378.0	4.4
	5/4 (NPK)	5244.7	4933.3	1.1
	FP	4578.0	5055.7	-
蒿蒿	1/2 (NPK)	1800.1	1755.7	11.1
	3/4 (NPK)	1689.0	1866.7	13.0
	NPK	1777.9	1866.7	13.0
	5/4 (NPK)	1777.9	1933.4	18.5
	FP	1555.7	1600.1	-
小白菜	1/2 (NPK)	4044.7	4444.7	13.7
	3/4 (NPK)	4089.1	4444.7	15.7
	NPK	4289.1	4444.7	16.5
	5/4 (NPK)	4511.3	4355.8	15.5
	FP	3778.0	3778.0	-
番茄	1/2 (NPK)	5311.1	5377.8	2.8
	3/4 (NPK)	5711.1	5577.8	8.6
	NPK	5755.6	5866.7	9.7
	5/4 (NPK)	5733.3	5377.8	4.5
	FP	5333.3	0.0	-

*表示差异显著,**差异极显著。黄瓜LSD(0.05)=446.3, LSD(0.01)=649.4; 蒿蒿LSD(0.05)=137.5, LSD(0.01)=200.0; 小白菜 LSD(0.05)=317.5, LSD(0.01)=462.0; 番茄 LSD(0.05)=248.9, LSD(0.05)=362.2。

2.2 不同施肥管理水平的经济效益

不同蔬菜不同施肥管理水平的经济效益分析见表4。不同蔬菜不同施肥处理的收入水平与农民常规施肥处理比较,黄瓜每亩增收67-742元;茼蒿每亩增收267-445元;小白菜每亩增收415-498元;番茄每亩增收127-440元。

表4 各种蔬菜作物经济效益的结果

作物	处理	产量 (公斤/亩)	产值 (元/亩)	增收 (元/亩)	肥料投入 (元/亩)
黄瓜	1/2 (NPK)	5674.0	6809	742	489
	3/4 (NPK)	5284.0	6341	274	583
	NPK	5278.0	6334	267	678
	5/4 (NPK)	5111.3	6134	67	772
	FP	5055.3	6066	-	535
茼蒿	1/2 (NPK)	1777.9	2667	267	96
	3/4 (NPK)	1807.5	2711	311	141
	NPK	1807.5	2711	311	188
	5/4 (NPK)	1896.4	2845	445	237
	FP	1600.1	2400	-	72
小白菜	1/2 (NPK)	4296.7	3437	415	65
	3/4 (NPK)	4370.7	3497	474	96
	NPK	4400.0	3520	498	127
	5/4 (NPK)	4363.3	3491	468	162
	FP	3778.0	3022	-	0
番茄	1/2 (NPK)	5414.9	4657	127	430
	3/4 (NPK)	5718.5	4918	389	494
	NPK	5777.8	4969	440	559
	5/4 (NPK)	5503.7	4733	204	624
	FP	5266.7	4529	-	555

价格:黄瓜1.2元/公斤、茼蒿1.5元/公斤、小白菜0.8元/公斤、番茄0.86元/公斤、磷酸二铵2.9元/公斤、尿素1.8元/公斤、氯化钾2.4元/公斤、有机肥0.1元/公斤。

2.3 不同蔬菜的养分吸收特性

黄瓜和番茄按植株部分和果实部分测定氮、磷、钾含量,茼蒿和小白菜是整株测定的,其结果见表5。黄瓜果实中钾含量高于植株中钾含量,番茄也相同(除3/4(NPK)处理外);果菜类植株中钾含量高于叶菜类植株;果菜类植株中磷含量低于叶菜类植株。

蔬菜的养分吸收特规律与产量、施肥量有关,如黄瓜施肥量是1/2(NPK)时,产量达到最高,果实中氮、磷和钾积累量也最高,N是7.95公斤/亩、 P_2O_5 是4.23公斤/亩、 K_2O 是10.04公斤/亩;茼蒿养分吸收特规律与黄瓜相同。由于小白菜和番茄的各处理之间的产量相差不大,小白菜和番茄果实部分

中的养分吸收规律大致趋势是随着施肥量的增高而增高,如小白菜和番茄施肥处理是5/4 (NPK) 时,小白菜植株和番茄果实中养分积累量为最高(番茄P积累量为4.11公斤/亩除外),详情见下页表6。

表5 蔬菜的植株和果实中氮磷钾养分含量(干基)

作物	处理	植株养分含量 (%)			果实养分含量 (%)		
		全N	全磷 (P ₂ O ₅)	全钾 (K ₂ O)	全N	全磷 (P ₂ O ₅)	全钾 (K ₂ O)
黄瓜	1/2 (NPK)	3.40	1.62	3.48	3.66	1.95	4.63
	3/4 (NPK)	3.92	1.82	3.94	3.82	2.06	5.20
	NPK	3.44	1.44	3.40	3.73	2.10	4.69
	5/4 (NPK)	3.53	1.40	2.91	3.67	1.93	4.87
	FP	3.23	1.53	3.61	2.91	1.45	4.68
茼蒿	1/2 (NPK)	3.67	1.13	6.47			
	3/4 (NPK)	3.11	1.17	6.78			
	NPK	3.39	1.13	7.23			
	5/4 (NPK)	3.92	1.21	7.51			
	FP	4.15	1.20	6.55			
小白菜	1/2 (NPK)	3.37	1.25	5.71			
	3/4 (NPK)	3.38	1.23	5.57			
	NPK	3.53	1.27	5.26			
	5/4 (NPK)	3.70	1.31	5.64			
	FP	4.12	1.33	5.73			
番茄	1/2 (NPK)	1.92	1.75	4.07	2.18	1.25	4.19
	3/4 (NPK)	2.02	1.53	3.90	2.16	1.11	3.81
	NPK	1.73	1.51	3.54	2.13	1.13	4.00
	5/4 (NPK)	1.71	1.37	3.53	2.24	1.08	4.21
	FP	1.81	1.45	3.53	2.01	1.19	4.54

2.4 不同蔬菜收获后土壤有效养分含量状况

连续种植的黄瓜、茼蒿、小白菜和番茄,每茬作物在种植前和收获后,取土样进行有效养分测定,土壤的有效养分含量结果见表7。表7与表1联合分析讨论,土壤中的有效氮含量变化较大,黄瓜收获以后,土壤有效氮含量比基础土壤(表1)平均增高8.25毫克/升,是由于黄瓜目标产量设计过高造成施肥量也高带来的结果;茼蒿土壤有效氮含量比黄瓜土壤有效氮含量平均降低15.5毫克/升;小白菜土壤有效氮含量比茼蒿土壤有效氮含量平均增高2.78毫克/升;番茄土壤有效氮含量比小白菜土壤有效氮含量平均增高1.83毫克/升,小白菜与茼蒿、番茄与小白菜的土壤有效氮含量变化不大。四茬蔬菜连续定位施肥,到最后一茬番茄收获后,土壤的有效氮含量随着施肥量的增加而增加。每茬蔬菜作物收获后,土壤中的有效P含量变化不大;有效K含量随着施钾量的增加而增加。所以,今后应注意磷肥的施用以及肥料的合理施用。(表7见41页)

表6 蔬菜的植株和果实中氮磷钾积累量(干基)(公斤/亩)

作物	处理	植株吸收量			果实吸收量			总吸收量		
		氮 N	磷 P ₂ O ₅	钾 K ₂ O	氮 N	磷 P ₂ O ₅	钾 K ₂ O	氮 N	磷 P ₂ O ₅	钾 K ₂ O
黄瓜	1/2 (NPK)	6.22	2.97	6.36	7.95	4.23	10.04	14.17	7.20	16.40
	3/4 (NPK)	6.60	3.06	6.63	5.67	3.05	7.71	12.27	6.12	14.34
	4/4 (NPK)	7.16	3.00	7.09	5.83	3.28	7.33	13.00	6.29	14.41
	5/4 (NPK)	7.64	3.03	6.30	6.86	3.59	9.09	14.50	6.62	15.39
	FP	6.62	3.13	7.40	5.51	2.75	8.88	12.13	5.88	16.28
茼蒿	1/2 (NPK)	3.10	0.95	5.46				3.10	0.95	5.46
	3/4 (NPK)	2.55	0.96	5.57				2.55	0.96	5.57
	4/4 (NPK)	2.83	0.94	6.04				2.83	0.94	6.04
	5/4 (NPK)	3.51	1.09	6.73				3.51	1.09	6.73
	FP	3.36	0.97	5.30				3.36	0.97	5.30
小白菜	1/2 (NPK)	8.93	3.31	15.13				8.93	3.31	15.13
	3/4 (NPK)	9.38	3.41	15.46				9.38	3.41	15.46
	4/4 (NPK)	9.16	3.30	13.65				9.16	3.30	13.65
	5/4 (NPK)	11.45	4.05	17.46				11.45	4.05	17.46
	FP	10.07	3.25	14.01				10.07	3.25	14.01
番茄	1/2 (NPK)	3.08	2.81	6.55	6.34	3.65	12.43	9.43	6.46	18.98
	3/4 (NPK)	3.89	2.96	7.51	7.35	4.07	13.48	11.24	7.02	20.99
	4/4 (NPK)	2.77	2.41	5.67	7.35	4.31	13.27	10.13	6.73	18.94
	5/4 (NPK)	2.90	2.31	5.98	7.67	4.11	14.80	10.56	6.42	20.78
	FP	3.18	2.55	6.21	8.67	4.88	18.84	11.85	7.43	25.05

2.5 养分平衡概算

养分平衡概算是根据外源(有机肥和化肥)投入的养分量减去作物吸收移走的养分量进行计算的,其结果见表8。作物施肥量越高,养分的盈余(或亏缺)越多(或越少)。黄瓜实收产量比目标产量低,施肥量过高,养分盈余比较多;另外黄瓜和番茄因为施用有机肥,养分盈余也比较多。小白菜实收产量比目标产量高,氮素亏缺;施肥量较低的处理钾素呈亏缺状态,如1/2(NPK)和3/4(NPK)处理。(表8见42页)

3 讨论

3.1 作物连续种植,黄瓜目标产量设计过高,与实收产量结果相差较大时,对下茬茼蒿产量影响较大。

3.2 目标产量高,施肥量过高,土壤中氮素量变化大。

表7 连续四茬蔬菜土壤残留的有效养分含量状况 (毫克/升)

处理	作物	NH4	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Cu	Mn	Zn	B
1/2 (NPK)	黄瓜	21.1	246	258	2168	923	104	25.8	9.0	10.5	15.2	3.1
	茼蒿	7.2	341	308	2164	1093	131	32.9	10.7	10	27.5	2.0
	小白菜	9	255	300	2034	965	173	28.9	10.9	7.9	18.5	2.1
	番茄	8.9	250	274	2252	1020	232	28.4	9.7	5.2	16.6	3.4
3/4 (NPK)	黄瓜	20.4	220	292	2185	902	78	22.8	8.4	11.6	14.0	2.7
	茼蒿	6.2	278	311	2411	1095	174	31.6	10.5	9.4	19.8	3.4
	小白菜	9.7	266	343	2026	956	163	29.4	10.9	7.9	18.8	2.0
	番茄	8.1	40	289	2169	965	213	25.5	9.7	5.3	17.2	3.3
4/4 (NPK)	黄瓜	23.7	247	306	2144	874	91	25.6	8.6	11.4	15.4	3.3
	茼蒿	6.2	286	377	2288	988	171	32.4	10.1	8.3	20.8	4.9
	小白菜	9.2	235	374	2140	950	163	27.3	10.1	7.1	17.6	2.0
	番茄	13	232	289	2139	926	190	32.4	8.8	6.5	15.1	2.9
5/4 (NPK)	黄瓜	22.6	231	298	2230	865	98	26.6	8.53	10.9	14.3	3.6
	茼蒿	6.2	284	526	2635	964	168	28.7	10.5	6.1	19.2	11.4
	小白菜	9	266	409	2218	949	169	28.9	10.8	7.4	17.9	2.0
	番茄	14.2	234	342	2180	925	164	26.3	9.8	5.2	15.5	2.7
FP	黄瓜	12.6	316	465	2193	2286	79	18.6	8.2	8.8	14.3	2.3
	茼蒿	-	276	424	2212	906	205	28	10.1	15	20.1	8.3
	小白菜	10.8	250	427	2354	943	195	28.7	10.5	8.1	18.8	1.8
	番茄	15.8	243	433	2224	877	206	27.3	10.5	5.5	17.3	3.0

4 结论

4.1 黄瓜最佳施肥处理是 1/2NPK、茼蒿最佳施肥处理是 5/4NPK、小白菜和番茄最佳施肥处理是 NPK。

4.2 黄瓜、茼蒿、小白菜和番茄的各施肥管理水平与农民常规施肥对比,增收明显。

4.3 作物养分吸收规律与产量、施肥量有关。产量高的处理,它的养分吸收量也高,养分吸收量随施肥量增高而增高。

4.4 黄瓜、茼蒿、小白菜和番茄收获后,土壤氮素含量变化较大;P素含量变化不大;K素含量随着施钾量的增加而增加。

4.5 养分平衡概算,蔬菜作物施肥量越高,营养养分的盈余越多。

表8 不同蔬菜不同施肥量的养分平衡状况(公斤/亩)

作物	处理	作物移走			肥料投入			盈余/亏缺		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
黄瓜	1/2 (NPK)	14.2	7.2	16.4	70.6	51.1	39.2	56.4	43.9	22.8
	3/4 (NPK)	12.3	6.1	14.3	86.6	53.6	44.2	74.3	47.5	29.9
	4/4 (NPK)	13.0	6.3	14.4	102.6	56.1	49.2	89.6	49.8	34.8
	5/4 (NPK)	14.5	6.6	15.4	118.6	58.6	54.2	104.1	52.0	38.8
	FP	12.1	5.9	16.3	66.1	57.6	47.2	54.0	51.7	30.9
茼蒿	1/2 (NPK)	3.1	1.0	5.5	6.5	4.0	12.5	3.4	3.0	7.0
	3/4 (NPK)	2.6	1.0	5.6	9.8	6.0	18.8	7.2	5.0	13.2
	4/4 (NPK)	2.8	0.9	6.0	13.0	8.0	25.0	10.2	7.1	19.0
	5/4 (NPK)	3.5	1.1	6.7	16.3	10.0	31.3	12.8	8.9	24.6
	FP	3.4	1.0	5.3	18.4	0	0	15.0	-1.0	-5.3
小白菜	1/2 (NPK)	8.9	3.3	15.1	1.5	4.0	10	-7.4	0.7	-5.1
	3/4 (NPK)	9.4	3.4	15.5	2.3	6.0	15	-7.1	2.6	-0.5
	4/4 (NPK)	9.2	3.3	13.7	3.0	8.0	20	-6.2	4.7	6.3
	5/4 (NPK)	11.5	4.1	17.5	3.8	10.0	25	-7.7	5.9	7.5
	FP	10.1	3.3	14.0	0	0	0	-10.1	-3.3	-14.0
番茄	1/2 (NPK)	9.4	6.5	19.0	62.2	75.9	56.1	52.8	69.2	37.1
	3/4 (NPK)	11.2	7.0	21.0	69.8	78.9	61.4	58.6	71.5	40.3
	4/4 (NPK)	10.1	6.7	18.9	77.5	81.9	66.6	67.4	74.7	47.6
	5/4 (NPK)	10.6	6.4	20.8	85.2	84.9	71.9	74.7	77.9	51.0
	FP	11.8	7.4	25.1	69.3	76.3	79.8	57.4	68.9	54.7
总计	1/2 (NPK)	35.6	18.0	56.0	140.8	135.0	117.8	105.2	117.0	61.8
	3/4 (NPK)	35.5	17.5	56.4	168.5	144.5	139.4	133.0	127.0	83.0
	4/4 (NPK)	35.1	17.2	53.0	196.1	154.0	160.8	161.0	136.8	107.8
	5/4 (NPK)	40.1	18.2	60.4	223.9	163.5	182.4	183.8	145.3	122.0
	FP	37.4	17.6	60.7	153.8	133.9	127.0	116.4	116.3	66.3

参考文献:

- [1] 金继运.“精准农业”及其在我国的应用前景.植物营养与肥料学报,1998,4(1):1-7.
- [2] 郑志英.温室蔬菜生产中施肥存在的问题与对策.农业科技与信息, 2004, 11: 20-21
- [3] 周惠珍, 龚子同.土壤空间变异性研究.土壤学报. 1996. 33(3): 232-241
- [4] 关铁民.保护地蔬菜管理技术.农业与技术, 2006, 03: 155.
- [5] 高祥照, 申眺, 郑义等编著.肥料实用手册.中国农业出版社.2004.