

DOI:10.11937/bfyy.201513016

不同施肥处理和茬口对设施黄瓜产量及养分累积的影响

高宝岩¹, 高伟¹, 李明悦¹, 郑春莲²

(1. 天津市农业资源与环境研究所, 天津 300380; 2. 河北省农林科学院 旱作农业研究所, 河北 衡水 053000)

摘要:以设施黄瓜为试材, 采用田间小区试验, 研究不同施肥处理和茬口对设施黄瓜产量、养分吸收规律及肥料的农学效应和肥料利用率的影响。结果表明: 不同茬口黄瓜最佳施肥 (OPT) 处理产量高于农民常规施肥 (FP) 处理, 但是二者差异均不显著; 从经济效益角度上看, 由于 OPT 处理肥料投入量少, 降低了黄瓜种植的成本, 其经济效益显著高于 FP 处理。从养分累积上看, 由于 FP 处理施磷量较高, 导致黄瓜对磷的累积量较高, 但是氮肥的农学利用率和肥料利用率却较低; 冬春茬设施黄瓜钾素是主要限制因子, 其次是磷, 氮素对其影响最小, 而春茬黄瓜, 氮素是主要限制因子。

关键词: 黄瓜; 不同茬口; 产量; 养分累积; 肥料利用率

中图分类号: S 642.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2015)13-0052-05

设施栽培作为一种终年可以种植作物的栽培形式, 能够实现蔬菜的反季生产, 产量高, 收益好。但是, 为追求高产, 大量施用有机肥和化肥, 并且采用大水漫灌十分普遍, 这不仅会增加成本, 还会引起硝酸盐的累积、品质下降, 同时也造成土壤和地下水严重的污染和连种作物的减产^[1-4]。Ju 等^[5]在山东省惠民县设施蔬菜产区的调查显示, 氮肥 (N) 年均施入量为 4 670 kg/hm², 是对照农田的 7.0 倍, 超过蔬菜需求量数倍。余海英等^[6]对山东寿光温室肥料投入情况的调查显示, 氮肥 (N) 每年平均投入量为 4 088 kg/hm², 而盈余量达到 3 214 kg/hm²。蔬菜要求钾多磷少, 一般 N : P₂O₅ : K₂O 吸收比例为

1 : (0.3~0.5) : (1.0~1.5), 而施用比例为 1 : (0.6~1.0) : (0.4~0.7), 养分比例严重失衡^[7-9]。适当的氮磷钾供应包括满足作物必需的养分吸收、保证必需的养分损失以及维护作物正常的生长, 主要通过土壤养分含量及作物需肥规律来确定最佳的施肥量。这种量化推荐施肥的技术可作为设施蔬菜生产合理施肥的一个有效方法^[10]。现以设施黄瓜为试材, 研究了不同茬口、平衡施肥和习惯施肥对黄瓜产量、养分吸收、肥料利用率的影响, 以期对设施黄瓜安全生产提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

冬春茬黄瓜: 试验于 2013 年 1—6 月在天津市武清区大孟庄后幼村日光温室进行, 供试土壤类型属潮土, 中壤土。供试黄瓜品种为“津优 35 号” (天津市黄瓜所培育), 前茬作物为番茄。设施黄瓜试验从 2012 年 12 月 5 日开始育苗, 2013 年 1 月 15 日定植, 2 月 17 日至 6 月 19 日为采收期。

第一作者简介: 高宝岩 (1963-), 男, 本科, 副研究员, 现主要从事设施土壤养分管理等研究工作。E-mail: vivigao2002@163.com.

基金项目: 中国-国际植物营养研究所 (IPNI) 合作资助项目; 农业部植物营养与肥料学科群开放基金资助项目 (2014JZDKFKT001)。

收稿日期: 2015-03-15

虫害发生初期进行夜间烟熏剂进行防治, 把所有的风口全部封死, 进行熏蒸, 待第 2 天 9:00 左右打开风口进行除味, 降低药害。

由于“春雪一号”抗病性较好, 春设施栽培病害发生较少, 主要以防为主, 病害的发生与传播主要是高温高湿造成的, 春设施栽培花椰菜一般采取通风降温进行预防, 浇水后一定要放大风, 夜晚也不要吧风口封死, 以降低湿度, 防止病害的发生。还可以配合药物喷施进行综合防治, 选择百菌清加霜霉威进行间隔喷施, 以达到更

好的防治效果。

3 采收

当花球充分长大还未松散时, 适时采收, 是保证花椰菜优良品质的一项重要措施。采收过早影响产量, 采收过晚降低品质和商品性, 采收可以分批进行, “春雪一号”生长势强, 品种生长周期稳定, 整齐, 也可进行一次采收。采收时花球外应保留 3~5 片小内叶, 以免受运输过程中造成的物理损伤, 提高花球的商品性。

春茬黄瓜:试验于 2013 年 3—6 月在天津市西青区辛口镇第六埠村日光温室进行,供试土壤类型为潮土,中壤土。供试黄瓜品种为“津优 35 号”,上茬作物为芹菜。黄瓜于 2013 年 2 月 20 日育苗,3 月 25 日定植,4 月 26 日至 6 月 20 日为采收期。

试验开始时取表层土壤(0~20 cm),土壤基本性状见表 1。

表 1 供试土壤基本理化性状

Table 1 Basic properties of the tested soil

茬口 Growing seasons	pH 值 pH	有机质 Organic matter /(g · kg ⁻¹)	铵态氮 NH ₄ ⁺ -N	硝态氮 NO ₃ ⁻ -N	速效磷 Available P	速效钾 Available K
	value					
冬春茬 Winter-spring season	7.49	20.1	20.4	154.8	199.8	484.8
春茬 Spring season	8.31	11.1	26.0	102.1	314.4	140.6

1.2 试验方法

试验共设 8 个处理,3 次重复,随机排列,冬春茬黄瓜小区面积为 16.6 m²,种植密度为 50 000 株/hm²。春茬黄瓜小区面积为 16.0 m²,种植密度为 50 000 株/hm²。具体试验设计和施肥量见表 2。

每个处理根据作物需肥规律进行施肥,即 20% N、100% P₂O₅ 和 30% K₂O 基施,其余部分的 N、K₂O 分 6 次追施。有机肥全部基施,施用量为 22 500 kg/hm²。

试验所施用的化肥:尿素(含 N 46%)、过磷酸钙(含 P₂O₅ 12%)、磷酸二铵(含 N 18%,含 P₂O₅ 46%)、氯化钾(含 K₂O 60%);所施用的有机肥为商品有机肥,其养分含量为 N-P₂O₅-K₂O=1.59%-1.72%-2.74%(干基),有机质含量为 31.54%,水分含量 39.79%。

表 2 试验处理设计

Table 2 Experimental treatment

茬口 Growing seasons	处理 Treatment	养分用量 Nutrient content/(kg · hm ⁻²)					
		有机肥 Organic manure	化肥 Chemical fertilizer				
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
冬春茬 Winter-spring season	OPT	215	233	371	450	225	675
	OPT-N	215	233	371	0	225	675
	OPT-P	215	233	371	450	0	675
	OPT-K	215	233	371	450	225	0
	FP	215	233	371	750	825	900
	FP-N	215	233	371	0	825	900
	FP-P	215	233	371	750	0	900
	FP-K	215	233	371	750	825	0
	OPT	215	233	371	297	147	378
	OPT-N	215	233	371	0	147	378
春茬 Spring season	OPT-P	215	233	371	297	0	378
	OPT-K	215	233	371	297	147	0
	FP	215	233	371	446	299	603
	FP-N	215	233	371	0	299	603
	FP-P	215	233	371	446	0	603
	FP-K	215	233	371	446	299	0

注:OPT:最佳施肥处理;FP:农民常规施肥处理,下同。

Note:OPT;Optimum fertilizer;FP;Farmer practice fertilizer, the same below.

1.3 项目测定

根据黄瓜长势分别在苗期、结瓜期、盛果早期、盛果中期、盛果后期和拉秧期进行采样,冬春茬黄瓜采样时间分别为定植后的 1 月 15 日、2 月 23 日、3 月 19 日、4 月 23 日、5 月 20 日和 6 月 19 日;春茬黄瓜采样时间分别为 3 月 25 日、6 月 26 日、5 月 10 日、5 月 25 日、6 月 1 日和 6 月 20 日。每次采集 2 株有代表性的黄瓜,结瓜后植株和瓜分开取样,烘干后称重,测定其全量氮、磷、钾含量。黄瓜拉秧后,各小区分别取 0~20 cm 土壤样品,测定其铵态氮、硝态氮、速效磷和速效钾含量。

植株茎、叶中氮含量采用硫酸-过氧化氢消煮,消煮液碱化后用蒸馏定氮法测定,钒钼黄比色法测磷、原子吸收测钾;土壤硝态氮采用 2 mol/L KCl 溶液浸提-双波长紫外分光光度法;土壤速效磷测定采用 0.5 mol/L 碳酸氢钠溶液浸提-钼锑抗比色法;土壤速效钾测定采用 1 mol/L 醋酸铵溶液浸提-原子吸收分光光度计^[11]。

1.4 数据分析

试验数据采用 Microsoft Excel 2003 和 SPSS 13.0 软件进行统计分析。肥料农学利用率(kg/kg)=(全素处理产量-减素处理产量)/施肥量^[12];肥料利用率(%)=(全素处理地上部分养分含量-减素处理地上部分养分含量)/施肥量×100%^[12]。

2 结果与分析

2.1 产量及其经济效益

从表 3 可以看出,无论是冬春茬黄瓜还是春茬黄瓜,最佳施肥处理(OPT)处理产量分别为 130 688 kg/hm² 和 88 438 kg/hm²,高于农民常规施肥处理(FP),但是二者差异均不显著;从经济效益角度上看,由于 OPT 处理肥料投入量少,降低了黄瓜种植的成本,其经济效益显著高于 FP 处理。

从黄瓜各减素处理上看,冬春茬黄瓜和春茬黄瓜略有不同。冬春茬黄瓜 OPT-N 和 FP-N 处理减产不明显;而 OPT-P、OPT-K、FP-P 和 FP-K 处理减产均达极显著,减钾减产最大,OPT-K 和 FP-K 处理黄瓜产量分别为 56.6%和 49.7%。由此可见,在该试验中冬春茬黄瓜,钾、磷素成为黄瓜生长中主要的限制因子。春茬种植黄瓜各减素处理对产量的影响都很显著,其中减氮处理减产最明显,OPT-N 处理减产达 10.2%,FP-N 处理减产达 13.8%,减磷和减钾处理的减产量相对较低,减产量在 1.4%~9.3%。在该试验中春茬黄瓜,氮素是黄瓜生长的主要显著因子。

2.2 黄瓜营养体对养分累积量

从图 1 可以看出,不同茬口种植的黄瓜对氮磷钾养分累积量略有差别。冬春茬种植的黄瓜营养体对氮的累积量一直呈增加趋势,到了定植后的 98 d(4 月 23 日),其累积量稍微缓慢,之后又快速增加,到了拉秧之前,其

表 3

不同茬口黄瓜产量及其经济效益

Table 3

Effect of different growing seasons on cucumber yield and income

茬口	处理	产量	减产	产值	肥料投入	纯收益
Growing seasons	Treatment	Yield/(kg·hm ⁻² FW)	Reduce yield/%	Output value/(百万元·hm ⁻²)	Fert input/(百万元·hm ⁻²)	Net income/(百万元·hm ⁻²)
冬春茬 Winter-spring season	OPT	130 688±3 223a	100.0	26.14	0.80	25.34±0.64a
	OPT-N	126 368±6 639a	3.3	25.27	0.62	24.65±1.33a
	OPT-P	78 754±4 533d	39.7	15.75	0.60	15.15±0.91d
	OPT-K	56 655±4 176e	56.6	11.33	0.37	10.96±0.84e
	FP	126 469±4 574a	100.0	25.29	1.58	23.72±0.91b
	FP-N	117 127±4 360b	7.4	23.43	1.28	22.14±0.87b
	FP-P	92 014±9 502c	27.2	18.40	0.86	17.54±1.90c
	FP-K	63 586±2 466e	49.7	12.72	1.01	11.71±0.49e
春茬 Spring season	OPT	88 438±1 362a	100.0	12.38	1.60	10.79±0.19a
	OPT-N	79 375±1 875c	10.2	11.11	1.68	9.43±0.26e
	OPT-P	83 230±1 097b	5.9	11.65	1.49	10.16±0.15bc
	OPT-K	80 184±1 018c	9.3	11.23	1.36	9.87±0.14cd
	FP	87 813±1 250a	100.0	12.29	1.91	10.38±0.17b
	FP-N	75 698±484d	13.8	10.60	2.00	8.60±0.07f
	FP-P	86 563±1 654a	1.4	12.12	1.81	10.31±0.23b
	FP-K	80 842±1 101bc	7.9	11.32	1.67	9.65±0.15de

注:尿素 2.0 元/kg,磷酸二铵 4.0 元/kg,氯化钾 3.8 元/kg,磷酸二氢钾 15 元/kg,商品有机肥 0.5 元/kg;冬春茬黄瓜 2.0 元/kg,春茬黄瓜 1.4 元/kg。不同字母表示差异达 5% 显著水平,下同。

Note: Prices of urea, diammonium phosphate, potassium chloride, potassium dihydrogen phosphate, organic manure, winter-spring season cucumber and spring season cucumber were 2.0, 4.0, 3.8, 15, 0.5, 2.0, 1.4 RMB Yuan/kg, respectively. Different letters mean significant difference at 5% level.

营养体对氮的累积量又比较缓慢;黄瓜营养体对磷的累积量也是一直呈增加趋势,但是到了定植后的 125 d 即拉秧时,其磷的累积速率稍微缓慢;营养体对钾的累积量在整个生育期均呈增加趋势。不同处理之间对氮磷钾的累积量略有差别,其中 FP 处理营养体对氮和钾的累积量稍高于 OPT 处理,而磷的含量略低于 OPT 处理。

春茬种植的黄瓜略有不同,春茬黄瓜营养体对氮的累积量呈增加趋势,在黄瓜拉秧前,营养体对氮的累积量稍微缓慢;营养体对磷和钾的累积量在黄瓜整个生育期增加速度较快,到了拉秧期,其累积速度仍然较快。不同处理之间黄瓜营养体对氮磷钾的累积量略有差别,其中对氮的累积量差异较小,FP 对磷的累积量稍高于 OPT 处理,而 FP 对钾的累积量要低于 OPT 处理。

春茬黄瓜营养体对氮磷钾的累积量变化趋势与冬

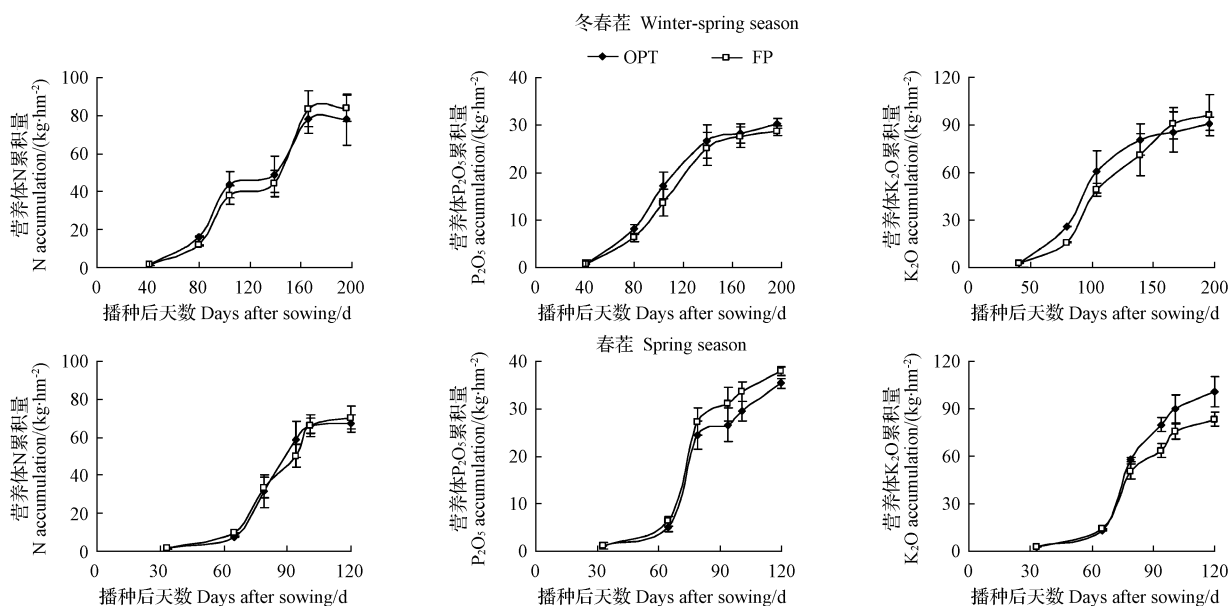


图 1 不同茬口种植黄瓜营养体养分累积量动态变化

Fig. 1 The dynamics of vegetative organs accumulation of cucumber in different growing seasons

2.3 黄瓜果实对养分累积量

从图2可以看出,不同茬口种植的黄瓜果实对氮磷钾的累积量变化趋势相同,均呈增加趋势,但是不同处理对氮磷钾的累积量略有不同。FP和OPT处理黄瓜果实对氮的累积量差别很小,冬春茬黄瓜FP处理果实对磷的累积量在黄瓜生长后期,高于OPT处理,而春茬黄瓜果实对磷的累积量,2个处理差别很小,OPT处理黄瓜果实对钾的累积量在黄瓜生长后期显著高于FP处理。

2.4 肥料利用

从表4可以看出,冬春茬种植的黄瓜OPT处理的农学利用率为12.5 kg/kg,低于春茬种植的黄瓜(29.5 kg/kg),

但是冬春茬在种植的黄瓜磷和钾的农学利用率要高于春茬种植的黄瓜,尤其是钾肥,可达到春茬种植黄瓜钾肥农学利用率的11倍;从肥料利用率的角度看,冬春茬种植的黄瓜和春茬种植的黄瓜,肥料利用率相差不大,其中氮肥的利用率分别为13.3%和12.1%,磷肥的利用率分别为10.9%和10.6%,钾肥的利用率分别为23.6%和16.9%。

从不同处理看,OPT处理氮磷钾肥的农学利用率均高于FP处理(除冬春茬的磷肥),从肥料利用率角度看,OPT处理的肥料利用率也远高于FP处理,尤其是春茬种植的黄瓜,其氮肥利用率是FP的12倍,磷肥利用率是FP的26倍。

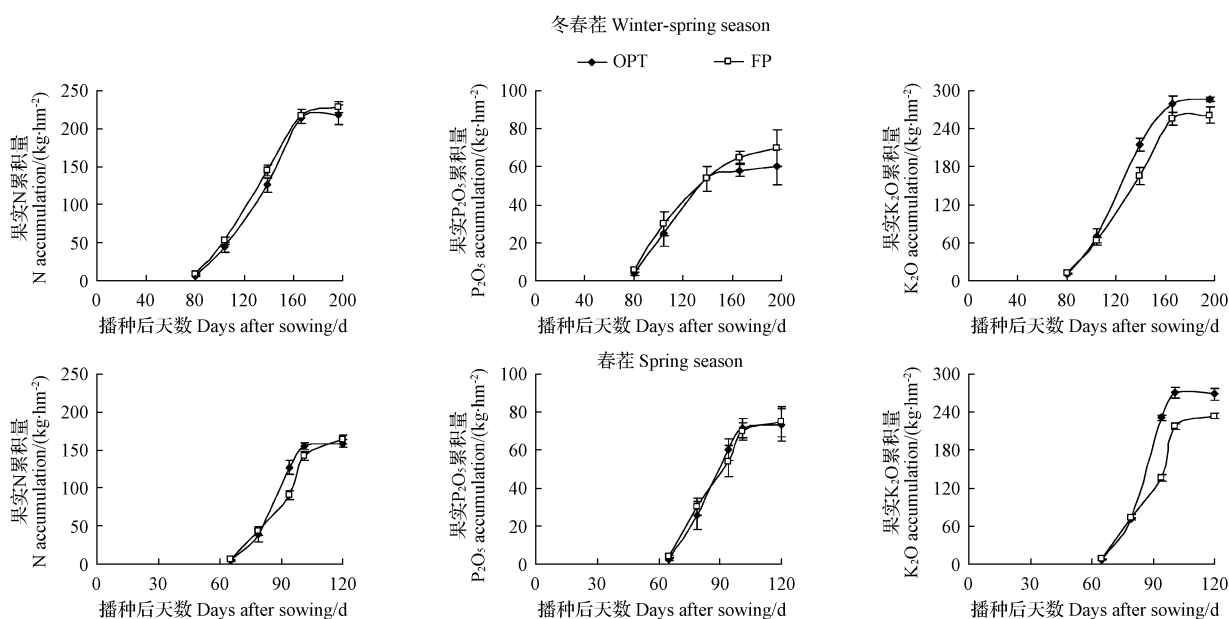


图2 不同茬口种植黄瓜果实养分累积量动态变化

Fig.2 The dynamics of fruit accumulation of cucumber in different growing seasons

表4 不同茬口种植黄瓜氮、磷、钾利用率

Table 4 Fertilizer N,P,K use efficiency in different growing seasons

茬口 Growing seasons	处理 Treatment	农学利用率 Agronomic efficiency/(kg·kg ⁻¹)			肥料利用率 Recovery efficiency/%		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
冬春茬 Winter-spring season	OPT	12.5	30.8	60.7	13.3	10.9	23.6
	FP	9.6	41.8	69.9	7.6	3.3	10.9
春茬 Spring season	OPT	29.5	16.3	5.5	12.1	10.6	16.9
	FP	1.9	11.5	4.2	1.0	0.4	4.3

3 讨论与结论

黄瓜的生育期较长,而且属于浅根系作物,因此黄瓜喜肥但是不耐肥,施肥过量,尤其是化肥过量,水分不足时易引起烧根^[3]。黄瓜全生育期需钾最多,其次是氮,再次为磷。而日光温室内黄瓜不同生育期阶段的生长环境,尤其是结瓜期的光温环境,不同季节差异很大,

对黄瓜的产量影响也较大。该研究表明,无论是冬春茬黄瓜还是春茬黄瓜,最佳施肥处理(OPT)处理产量分别为130 688 kg/hm²和88 438 kg/hm²,高于农民常规施肥处理(FP),但是二者差异均不显著;从经济效益角度上看,由于OPT处理肥料投入量少,降低了黄瓜种植的成本,其经济效益显著高于FP处理。从养分累积上看,冬春茬黄瓜FP处理施磷量较高(825 kg/hm²),虽然作物中磷的累积量也增加,但是磷在作物中的累积量占磷肥施用量的比例却很低,导致磷肥利用率(3.3%)较低。从黄瓜生长的主要限制因子上看,冬春茬设施黄瓜钾肥最大,其次是磷肥,氮肥对其影响最小,而春茬设施黄瓜,氮肥是主要限制因子。虽然冬春茬黄瓜生长前期处于弱光、低温等不利的光温环境,但是其生长期较长,随着生长发育,到了初瓜期和盛瓜期生长温度环境较为适

宜,植株根系生长快、根系活力较强,吸收能力较强,吸收速率也较高,所以冬春茬黄瓜在产量和养分吸收量上看均较高,这与裴孝伯等^[13]研究结果相同。同时,裴孝伯等^[14]在研究秋冬茬和冬春茬黄瓜养分吸收发现,冬春茬黄瓜种植的季节更有利于提高产量和增加养分吸收。在生产实践中,不同季节日光温室黄瓜栽培在注重施肥管理的同时应该考虑光照和温度变化,根据实际情况进行相应的调整,以实现作物的高产优质。

参考文献

- [1] 刘兆辉,江丽华,张文,等. 山东省设施蔬菜施肥量演变及土壤养分变化规律[J]. 土壤学报,2008,45(2):296-303.
- [2] 张成庚,王宝强,张德彪. 无公害黄瓜施肥关键技术[J]. 土壤肥料,2007(3):41.
- [3] 蒲树双,拱国庆,费淑莲. 大棚黄瓜高产优质高效施肥技术[J]. 土壤肥料,2008(3):32-33.
- [4] Zhu J H,Li X L,Christie P,et al. Environmental implications of low nitrogen use efficiency in excessively fertilized hot pepper (*Capsicum frutescens* L.) cropping systems[J]. Agric Ecosys Environ,2005,111(1-4):70-80.
- [5] Ju X T,Kou C L,Christie P,et al. Changes in the soil environment from excessive application of fertilizers and manures to two contrasting intensive cropping systems on the North China Plain[J]. Environ Poll,2007,145:497-506.
- [6] 余海英,李廷轩,张锡洲. 温室栽培系统的养分平衡及土壤养分变化特征[J]. 中国农业科学,2010,43(3):514-522.
- [7] Huang S W,Jin J Y. Status of heavy metals in agricultural soils as affected by different patterns of land use[J]. Environ Monit Ass,2008,139:317-327.
- [8] 刘宏斌. 施肥对北京市农田土壤硝态氮积累与地下水污染的影响[D]. 北京:中国农业科学院,2002.
- [9] 李俊良,崔德杰,孟祥霞,等. 山东寿光保护地蔬菜施肥现状及问题的研究[J]. 土壤通报,2002,33(2):126-128.
- [10] 白优爱,贺建德,陈清,等. 京郊保护地秋季番茄的氮素供应及利用[J]. 中国蔬菜,2001(2):4-7.
- [11] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析[M]. 上海:上海科学技术出版社,1978.
- [12] 易琼,张秀芝,何萍,等. 氮肥减施对稻-麦轮作体系作物氮素吸收、利用和土壤氮素平衡的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2010,16(5):1069-1077.
- [13] 裴孝伯,张福漫,高丽红,等. 不同季节日光温室黄瓜氮磷钾吸收规律的研究[J]. 安徽农业大学学报,2002,29(1):68-73.
- [14] 裴孝伯,张福漫,王柳. 不同光温环境对日光温室黄瓜氮磷钾吸收分配的影响[J]. 中国农业科学,2002,35(12):1510-1513.

Effect of Different Fertilization Treatments and Growing Seasons on Yield and Nutrient Accumulation Under Greenhouse Condition

GAO Baoyan¹, GAO Wei¹, LI Mingyue¹, ZHENG Chunlian²

(1. Tianjin Institute of Agricultural Resources and Environment, Tianjin 300380; 2. Dryland Faiming Institute, Hebei Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Hengshui, Hebei 053000)

Abstract: Taking cucumber as material, the effects of different growing seasons on yield, the law of nutrient absorption, and fertilizer use efficiency and agronomic efficiency under greenhouse condition were studied. The results showed that compared with the farmer practice fertilizer (FP), optimum fertilizer (OPT) was much higher, there were not significant differences of cucumber yield under different growing seasons. From the economic point of view, due to low inputs of optimum fertilizer (OPT) the cost of the cucumber plant was reduced, its economic benefit was remarkable higher than that of FP. Because FP treatment applied high application rate of phosphoric fertilizer, and lead to cucumber on phosphorus accumulation quantity was higher, but the agronomy efficiency of nitrogen fertilizer and fertilizer utilization rate were low; potassium in the winter and spring cucumber crop of facilities was the main limiting factors, followed by the phosphorus, the smallest, the influence of nitrogen spring and the crop of the cucumber, nitrogen was the main limiting factors.

Keywords: cucumber; different growing seasons; yield; nutrient accumulation; fertilizer use efficiency