

水肥调控对日光温室番茄产量、品质及土壤养分含量的影响

周 博^{1,2}, 陈竹君¹, 周建斌¹

(1 西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨凌 712100;

2 杨凌职业技术学院, 陕西 杨凌 712100)

[摘 要] 采用田间试验方法研究了在日光温室栽培条件下, 不同水肥调控对番茄产量与品质及土壤养分含量的影响。结果表明, 与当地农民的常规施肥处理相比, 采用调整N、P、K比例并减少其用量的配方施肥处理可保持番茄产量, 而且可增加番茄果实可溶性糖含量, 降低硝态氮和有机酸含量, 改善果实品质; 同时也显著降低了硝态氮、有效磷和速效钾在土壤中的过量累积, 降低了土壤盐分累积。与常规灌溉处理相比, 在施肥量相同的条件下, 节水灌溉处理对番茄产量与品质及土壤养分累积等指标均未产生不良影响。说明在当前日光温室栽培条件下, 采取节水节肥措施具有很大潜力。

[关键词] 日光温室; 番茄; 水肥调控; 产量和品质; 养分累积

[中图分类号] S626.5; S641.206⁺.2

[文献标识码] A **[文章编号]** 1671-9387(2006)04-0058-05

采用日光温室生产蔬菜是北方地区蔬菜设施栽培的主要方式之一, 已成为不少地区农业发展的主导产业。但对日光温室栽培条件下番茄合理施肥问题的研究, 已明显落后于日光温室生产发展的需要。人们通常认为, 蔬菜为喜肥、喜水作物, 大水大肥有利于蔬菜的优质高产。因此, 在日光温室栽培蔬菜生产中盲目施肥, 特别是过量施肥现象十分严重^[1]。一些地方由于过量施肥, 氮、磷、钾的利用率分别仅为9.4%, 3.3%和8.8%^[2]。据对山东省寿光市日光温室番茄生产施肥状况的调查发现, 生产一季番茄的纯氮投入量高达1 800 kg/hm², 远远超过植株地上部带走的纯氮量^[3]。因此, 生产中所投入的大部分养分会通过各种途径损失, 加之盲目灌水, 更加剧了养分在土壤中的淋失, 由此带来了一系列的环境问题。因此, 在日光温室栽培方式下, 如何合理施肥, 如何进行有效的水肥调控等问题, 已成为当前生产中改善蔬菜品质、改良土壤环境、提高肥料利用率的关键问题, 受到了研究者和生产者的普遍关注。

本研究在国家杨凌农业高新技术产业示范区胡家底日光温室生产基地, 采用不同肥、水调控措施, 对番茄产量和品质以及养分在土壤剖面中的分布和

累积效应进行了研究, 旨在为蔬菜日光温室栽培的健康持续发展提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验基地概况

国家杨凌农业高新技术产业示范区胡家底日光温室生产基地于1998年开始建设, 数量已由最初的48座发展到现在的200多座, 栽培的蔬菜品种主要为越冬番茄。该地区年平均降水量654.8 mm, 正常情况下年平均气温12.9℃, 地下水位深15 m。

1.2 供试土壤

试验地耕层土壤(0~20 cm)的质地为粘壤, 土壤pH为6.89, 有机质含量为15.2 mg/kg, 土壤硝态氮、有效磷和速效钾的含量分别为59、518和381 mg/kg, 土壤肥力较高。

1.3 试验设置

试验于2004-10~2005-07进行, 共设5个处理(表1), 每处理重复3次, 小区面积为15.0 m², 每小区栽植番茄4行, 行间距为60或80 cm, 番茄株距25 cm, 每行21株, 每小区共计88株。各小区在日光温室内随机排列, 小区间用2行保护行隔开。

· [收稿日期] 2005-11-22

[基金项目] 科技部“十五”科技攻关项目(2004BA516A 09); 西安市农业科技攻关项目(GG04094); 西北农林科技大学科研专项(04ZM 097)

[作者简介] 周 博(1976-), 男, 陕西周至人, 讲师, 在读硕士, 主要从事植物营养及调控研究。

[通讯作者] 周建斌(1964-), 男, 陕西大荔人, 教授, 博士生导师, 主要从事植物营养与旱地水肥调控研究。

以施用的全部磷肥和氮肥的1/5、钾肥的1/4作基肥,于番茄定植前施用,氮肥和钾肥其余部分作追肥分4次分别于第一穗果膨大期、第一穗果开始采收期、第三穗果采收期和第五穗果(最后一层)刚坐果后施用,每次施肥均采用膜下撒施,随后灌水的办法。各试验小区均以鸡粪(多含稻壳)为底肥,用量为90 m³/hm²,于番茄定植前作基肥施用。灌溉方式为畦灌,常规灌水量以当地农民的传统经验灌水量5 212 m³/hm²(一茬)为标准;考虑到5月份前各处理水分损耗相对较低,因此,5月份前所有处理的灌水量均相同,即采用常规方法灌水;从5月份开始,对

处理B、D和E实施节水处理(以田间埋设的张力计为指示),具体办法为,灌水期与常规方法相同,而灌水量为常规灌水量的一半。将5月份以前的常规灌水量与5月份以后节水灌水量相加,可知节水处理灌水量为4 062 m³/hm²(一茬)。

在番茄定植前、生长期及收获后用土钻取不同处理的土壤剖面土样,其中生长期分别于01-14和04-22在每次追肥前2 d取样,取样深度为0~100 cm(20 cm为1层),并于种植前09-17和收获后07-08取0~200 cm土层的土样。06-03采集番茄果实,并测定相关指标。07-07收获最后一批果实。

表1 日光温室栽培番茄的水肥田间试验方案

Table 1 Design of the field experiment					
编号 Code	处理 Treatment	灌水量/(m ³ ·hm ⁻²) Irrigation rate	m(N) m(P ₂ O ₅) m(K ₂ O)	肥料用量/(kg·hm ⁻²) N- P ₂ O ₅ - K ₂ O	
A	常规施肥+ 常规灌溉 Conventional fertilizing and conventional irrigating	5 212	农户自定 Decided by fammer	600-600-825	
B	常规施肥+ 节水灌溉 Conventional fertilizing and savable irrigating	4 062	农户自定 Decided by fammer	600-600-825	
C	配方施肥1+ 常规灌水 Formula fertilizing 1 and conventional irrigating	5 212	1 0 5 0 5	450-225-225	
D	配方施肥1+ 节水灌溉 Formula fertilizing 1 and savable irrigating	4 062	1 0 5 0 5	450-225-225	
E	配方施肥2+ 节水灌溉 Formula fertilizing 2 and savable irrigating	4 062	1 0 7 1	450-315-450	

1.4 测定项目及其方法

测定土壤NO₃⁻-N、电导率、有效磷和速效钾含量。土壤NO₃⁻-N采用1.0 mol/L KCl浸提,然后按m(土):V(液)=1:10比例在自动流动分析仪上测定;土壤有效磷、速效钾均采用常规方法测定^[4];电导率采用DDS-11A型电导仪测定,m(土):V(水)=1:5。果实品质测定方法:NO₃⁻-N含量采用酚二磺酸比色法^[5],Vc含量采用2,4-二硝基苯肼比色法^[5],水溶性糖含量采用蒽酮比色法^[5],有机酸采用酸碱滴定法^[4]。

2 结果与分析

2.1 不同水肥处理对番茄产量与品质的影响

虽然配方施肥处理将施氮量由常规用量的600 kg/hm²降至450 kg/hm²,但从表2可以看出,番茄产量并未降低,且有增加的趋势,其中处理E的产量最高。处理E和D施氮量相同,而处理E的施钾量为处理D的2倍,但二者的产量并无显著差异,表明在配方施肥处理1的基础上增加钾肥用量,对番茄产量无明显影响。

表2 不同水肥处理对番茄果实产量与品质的影响

Table 2 Effects of different treatments on the yield and quality of tomato						
处理 Treatment	产量/ (×10 ⁵ kg·hm ⁻²) Yield	可溶性糖/ (g·kg ⁻¹) Soluble sugar	Vc/ (×10 ⁻³ g·kg ⁻¹)	有机酸/ (mg·g ⁻¹) Organic acid	硝态氮/ (mg·kg ⁻¹) NO ₃ ⁻ -N	糖/酸 Sugar/Acid
A	1.89 a	11.2 c	133.2 a	7.1 a	35.1 a	1.58
B	2.01 a	12.0 c	131.7 a	7.3 a	36.5 a	1.64
C	1.92 a	20.0 a	126.9 a	5.2 b	31.6 b	3.85
D	2.01 a	19.5 a	138.7 a	5.8 b	32.5 b	3.36
E	2.09 a	17.6 b	138.2 a	4.3 b	21.8 c	4.09

注: 同列数据后标相同字母者表示无显著差异(P>0.05),标不同字母者表示差异显著(P<0.05)。表3同。
Note: Means with the same letter in a same column are not significantly different (P>0.05). Means with the different letter in a same column are significantly different (P<0.05). The table 3 is same

由表2还可以看出,不同处理间番茄果实可溶性糖含量存在显著差异,以处理C的果实可溶性糖含量最高,处理D和E次之,处理A最小。当施肥量

相同时,节水灌溉与常规灌溉处理的番茄果实可溶性糖含量无显著差异。与常规施肥处理相比,配方施肥处理显著降低了番茄果实的有机酸含量。在施肥

量相同的条件下, 节水灌溉与常规灌溉处理的番茄果实有机酸含量无显著差异。比较各处理的糖/酸值可知, 以处理E 最高, 果实品质最优, 其次为处理C 和D, 处理A 最低。

果实中硝酸盐过多会危害人体健康, 美国卫生组织建议番茄中不得检出 NO_3^- [6]。本试验测定结果(表 2)表明, 各处理番茄果实中 NO_3^- -N 含量为21.8~36.5 mg/kg。与常规施肥处理相比, 配方施肥处理显著降低了番茄中 NO_3^- -N 的含量; 与配方施肥1 处理相比, 配方施肥2 处理的番茄中 NO_3^- -N 含

量显著降低, 这是否与增加磷钾肥的用量后促进了植物对硝态氮的同化有关, 尚需进一步研究。番茄果实中的Vc 含量在各处理间均无显著差异。

2 2 不同水肥处理对土壤养分含量的影响

2 2 1 对土壤 NO_3^- -N 含量的影响 由表3 可以看出, 与常规施肥处理相比, 配方施肥处理均降低了0~60 cm 土层中的 NO_3^- -N 含量, 其中01-24 测定的配方施肥处理土壤表层中 NO_3^- -N 含量的降低量高于04-22 的测定值, 这可能与番茄生长期间对氮素的吸收有关。

表3 番茄生长期不同水肥处理对土壤剖面中 NO_3^- -N 含量的影响

Table 3 NO_3^- -N concentrations of different treatments in soil profiles at different growth periods of tomato

采样时间 Sampling time	处理 Treatment	土壤剖面/cm Soil profiles				
		0~ 20	20~ 40	40~ 60	60~ 80	80~ 100
2005-01-24	B	137.1 a	88.5 a	79.1 a	45.6 a	38.1 a
	D	74.2 b	61.3 b	58.0 b	54.6 a	33.6 b
	E	65.3 b	52.6 b	52.5 b	51.6 a	41.7 a
2005-04-22	A	49.8 a	43.3 a	44.2 a	38.3 a	36.8 a
	B	48.1 a	44.7 a	41.8 a	38.0 a	34.4 a
	C	28.8 b	20.8 c	17.3 c	17.8 c	19.2 b
	D	33.1 b	19.5 c	19.1 c	17.6 c	15.9 b
	E	35.0 b	30.9 b	34.5 b	31.6 b	31.4 a

番茄收获后各处理土壤剖面的 NO_3^- -N 含量见图1。

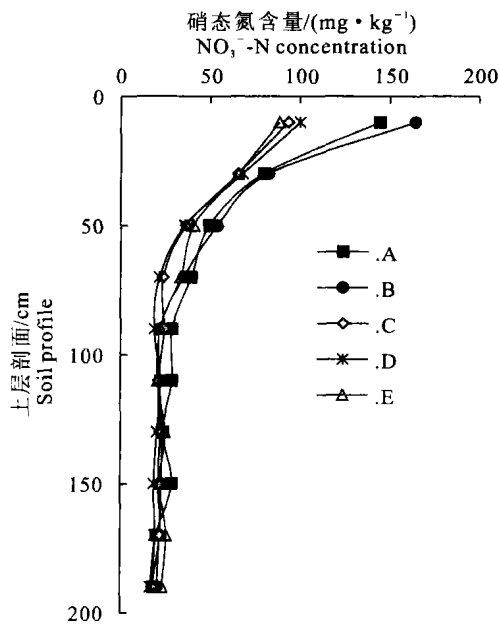


图1 番茄收获后各水肥处理土壤剖面硝态氮含量

Fig 1 NO_3^- -N concentrations in different soil profiles after harvesting

由图1 可以看出, 与常规施肥处理(A 和B)相比, 配方施肥处理(C,D 和E)显著降低了收获后0~

60 cm 土层中的 NO_3^- -N 含量, 60 cm 以下土层各处理间 NO_3^- -N 含量无明显差异。值得注意的是, 本研究中番茄收获后100 cm 以下土层中 NO_3^- -N 含量仍高于本地一般农田, 其中100~120 cm 土层中 NO_3^- -N 平均含量为农田耕层土壤(10.3 mg/kg) [12] 的2.2 倍, 180~200 cm 土层中 NO_3^- -N 含量平均为农田耕层土壤的1.93 倍。表明在长期的日光温室栽培条件下, 发生了较为显著的氮素淋溶现象。

由图1 还可知, 处理C 和D 与处理E 间在番茄收获后, 各土层中 NO_3^- -N 含量无显著差异, 表明不同配方施肥处理对 NO_3^- -N 含量无显著影响。施肥量相同而灌溉方式不同的处理A 和B 及C 和D 间, 在番茄收获后各土层的硝态氮含量亦无显著差异, 说明在本试验条件下, 不同灌溉方式对土层中 NO_3^- -N 含量的分布无显著影响。

由本研究可知, 番茄收获后, 常规施肥处理A 和B 在0~200 cm 土壤中累积的硝态氮量平均为1 092 kg/hm², 而配方施肥1(处理C 和D)硝态氮累积量平均为777 kg/hm², 配方施肥2(处理E)硝态氮累积量为869 kg/hm²。可见采用配方施肥可显著减少番茄收获后土壤中的硝态氮残留量。

2 2 2 对土壤有效磷含量的影响 表4 表明, 与常规施肥处理相比, 配方施肥处理1(处理C 和D)显著

降低了0~ 40 cm 土层有效磷的含量; 配方施肥处理2(处理E)各耕层土壤有效磷含量与常规施肥处理相差较小, 这可能与其磷肥施用量高有关。在施肥量相同的条件下, 不同灌溉方式间土壤中有效磷含量无显著差异。一些研究者^[7]提出, 菜地土壤有效磷含量的丰缺指标为: 小于33 mg/kg 为严重缺乏, 33~ 60 mg/kg 为缺乏, 60~ 90 mg/kg 为适宜, 大于90

mg/kg 为偏高。按照这一指标衡量, 配方施肥各处理的耕层土壤中有效磷含量仍处在偏高水平。

从表4 还可以看出, 土壤有效磷的累积主要集中在0~ 40 cm 土层中, 占0~ 100 cm 土层中土壤有效磷总量的77. 7 %~ 86. 8 %, 说明磷在石灰性土壤中的固定性强, 淋溶缓慢。

表4 不同水肥处理对土壤有效磷含量的影响

Table 4 Effect of the different treatments on available P in soil profiles		mg/kg				
采样时间 Sampling time	深度/cm Depth	处理 Treatment				
		A	B	C	D	E
2005-04-22	0~ 20	353.4	365.1	280.0	262.5	340.7
	20~ 40	188.1	204.1	131.1	112.7	131.3
	40~ 60	35.5	34.6	39.1	33.5	31.4
	60~ 80	28.2	32.4	32.8	23.6	26.0
	80~ 100	29.2	24.3	26.2	19.8	19.3
2005-07-08	0~ 20	302.7	300.6	216.4	237.2	296.1
	20~ 40	135.3	126.6	109.8	102.2	115.6
	40~ 60	31.0	34.1	28.1	33.8	28.5
	60~ 80	25.9	27.5	26.6	25.3	28.9
	80~ 100	29.2	26.3	26.8	20.2	27.2
	100~ 120	32.7	35.4	35.7	27.9	28.8
	120~ 140	31.8	33.5	34.0	23.2	26.0
	140~ 160	39.5	32.2	34.7	34.4	29.8
	160~ 180	38.7	35.9	34.9	28.0	26.4
	180~ 200	32.9	28.4	30.4	26.8	30.0

表5 不同水肥处理对土壤速效钾含量的影响

Table 5 Effect of the different treatments on available K in soil profiles		mg/kg				
采样时间 Sampling time	深度/cm Depth	处理 Treatment				
		A	B	C	D	E
2005-04-22	0~ 20	379.8	371.4	302.1	303.1	323.7
	20~ 40	277.3	279.1	272.8	263.7	289.1
	40~ 60	194.2	199.3	204.9	180.0	198.4
	60~ 80	119.0	101.5	122.7	121.2	106.9
	80~ 100	102.4	95.3	108.3	96.6	105.4
2005-07-08	0~ 20	465.3	487.3	347.9	342.7	361.5
	20~ 40	342.5	359.2	288.3	257.8	306.1
	40~ 60	237.8	229.4	199.9	181.7	171.1
	60~ 80	169.6	149.7	157.3	162.4	143.6
	80~ 100	130.5	120.4	147.9	132.6	132.8
	100~ 120	116.0	103.5	125.0	118.9	109.5
	120~ 140	101.7	115.5	92.8	108.2	89.6
	140~ 160	83.4	95.8	80.2	98.9	83.6
	160~ 180	82.2	94.2	79.5	82.0	80.5
	180~ 200	80.2	77.4	75.9	83.6	74.3

2.2.3 对土壤速效钾含量的影响 由表5 可以看出, 配方施肥1 处理的施钾量为225 kg/hm², 其耕层土壤速效钾含量平均为302.6 mg/kg; 配方施肥2 处理的施钾量为450 kg/hm², 其耕层土壤速效钾含量平均为323.7 mg/kg; 常规处理施钾量为600 kg/hm², 其耕层土壤速效钾的含量平均约为375 mg/

kg。由此可知, 耕层土壤速效钾含量有随着各处理施钾量的降低而降低的趋势。随着土壤剖面深度的增加, 土壤速效钾含量的差异逐渐减小, 100 cm 土层以下各处理土壤速效钾含量相近。当施肥量相同而灌水方式不同时, 节水灌溉与常规灌溉处理对土壤速效钾浓度无显著影响。

国内外一般认为^[8],对于菜地耕层土壤而言,有效钾适宜含量为150~250 mg/kg,当有效钾含量大于350 mg/kg时为过量。按这一衡量标准可以看出,收获时各处理耕层土壤速效钾的含量均高于340 mg/kg,远远高于耕层土壤速效钾的适宜含量范围,其中常规施肥处理和配方施肥2处理的速效钾含量大于350 mg/kg,说明在番茄生产中存在过量施用钾肥的问题。

2.3 不同水肥处理对土壤电导率的影响

图2为番茄收获后,各处理0~200 cm土层的土壤电导率。

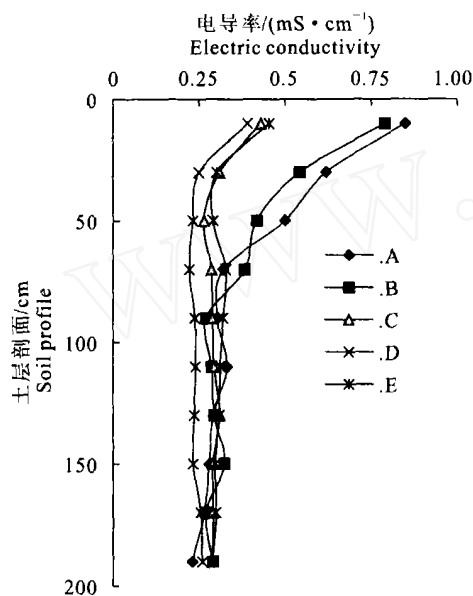


图2 番茄收获后不同水肥处理土壤剖面的电导率

Fig 2 Electric conductivity in different soil profiles after harvesting

图2表明,与常规施肥处理(处理A和B)相比,配方施肥处理显著降低了0~60 cm土层的土壤电导率。随着土层深度的增加,配方施肥引起的土壤电

导率降低幅度逐渐减小。在100 cm以下土层中,各处理的土壤电导率差异不显著,但其数值高于一般农田,其中100~120 cm土层的平均土壤电导率为当地农田土壤耕层的(0.21 mS/cm)^[2]1.42倍,180~200 cm土层的平均土壤电导率为当地农田土壤耕层电导率的1.31倍。说明在长期日光温室栽培条件下,明显地增加了土壤剖面的盐分累积和淋溶。不同处理间相比,以处理D,即配方施肥1与节水灌溉配合处理的土壤各层电导率最低。由此可见,采用有效的水肥调控措施,可以降低土壤电导率,缓解盐分过量累积对番茄生长的不利影响。

3 结论

(1)在本试验条件下,配方施肥1处理的氮、磷和钾肥施用量分别为450, 225和225 kg/hm²,该施肥量虽较农民的常规施肥量显著降低,但番茄的产量并未下降,且番茄果实的品质得到改善。与当前常规灌水处理相比,采用节水灌溉处理可以节约约22.1%的灌水量,对番茄产量和品质也均无显著影响。说明在目前日光温室栽培条件下,常规施肥与灌水措施存在严重的水肥资源浪费问题,采取节水节肥措施具有巨大的潜力。

(2)与农户常规施肥处理相比,配方施肥处理明显降低了硝态氮和速效钾在土壤剖面中的过量累积,也降低了0~60 cm土层土壤的电导率,这无疑有利于减缓盐分过量累积的危害,以及养分过量累积引起的环境问题。

(3)配方施肥处理虽然明显降低了硝态氮和速效钾在土壤剖面中的过量累积,但这些养分的含量仍属较高水平,说明进一步节肥在生产中仍具有一定的潜力。对节肥节水措施的持续效果,尚需进行长期研究。

【参考文献】

- [1] Sanchez C A, Doerge T A. Using nutrient uptake patterns to develop efficient nitrogen management strategies for vegetables[J]. Hort Techn, 1999, 9(4): 601-606
- [2] 周建斌, 翟丙年, 陈竹君, 等. 设施栽培菜地土壤养分的空间累积及其潜在的环境效应[J]. 农业环境科学学报, 2004, 23(2): 322-335
- [3] 汤丽玲, 陈清, 李晓林, 等. 日光温室秋冬茬番茄氮素供应目标值的研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2005, 11(2): 230-235
- [4] 南京农业大学. 土壤农化分析[M]. 2版. 北京: 农业出版社, 1994
- [5] 牛森. 作物品质分析[M]. 北京: 农业出版社, 1990
- [6] 孙红梅, 李天来, 须辉, 等. 不同氮素水平下钾营养对大棚番茄产量及品质的影响[J]. 沈阳农业大学学报, 2002, 31(1): 68-71
- [7] 鲁如坤. 土壤—植物营养学和施肥[M]. 北京: 化工工业出版社, 1998
- [8] Miller R W, Donahue R L. Soil in our environment[M]. 7th. New Jersey: Prentice-Hall, 1995

(下转第68页)

varieties, nitrate-N concentration in plant tissue and soil under different types of soil, different patterns of cultivation or irrigation. The results were as follows: applying nitrogen fertilizer increased cotton yield by 2% - 73.8%. Effects of nitrogen fertilizer on cotton were insignificant at Xinhe county ($F_{2000}=0.72$) with local cultivation mode and soil condition, but were significant at Yuli in spite of tradition or drip irrigation system ($F_{2001}=8.20^{**}$, $F_{2002}=2.91^{*}$, $F_{2003}=10.75^{**}$, $F_{2004}=17.97^{**}$). The optimum N rates of different varieties were not equal under different soil conditions, different cultivation patterns and different irrigation modes, but the trends of degression of payment were consistent. Cotton yields were quadratic correlated with N rate, and Cotton yields declined with excessive N rates. The nitrate-N concentration in plant tissue during budding period or flowering period was prominently correlated to nitrogen fertilizer amount and cotton yield, it showed that nitrate-N concentration in plant tissue should be an reference index for the quick diagnose of cotton nutrition. Furthermore, accumulation of nitrate in soil was affected by irrigation mode, and a great deal of nitrate remained in cotton field with excessive N rate which enhanced the risk of nitrate leaching, and became a potential source of environment pollution.

Key words: Xinjiang; cotton; nitrogen effect; nitrate-N

(上接第62页)

Abstract ID: 1671-9387(2006)04-0058-EA

Effect of different fertilizer and water managements on the yield and quality of tomatoes and nutrient accumulations in soil cultivated in sunlight greenhouse

ZHOU Bo^{1,2}, CHEN Zhu-jun¹, ZHOU Jian-bin¹

(1 College of Resource and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2 Yangling Institute of Vocation and Technology, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: A field experiment was carried out to study the effect of different water and fertilizer managements on yield and quality of tomatoes and nutrient accumulations in soil cultivated in sunlight greenhouse in Yangling, Shaanxi Province. Compared with the practical methods of using fertilizer and water by farmers in the region, the prescription fertilization treatment decreased the amounts of fertilizers added, and did not induce the reduction of the tomato yield; furthermore, the quality of tomato fruit was improved. And it also reduced the accumulation of nitrate and available P and K in the soil, and reduced the electric conductivity in the soil. When the application of fertilizer was similar, water saving irrigation did not have negative effect on the yield and quality of the tomato relative to the practical irrigation method used by farmers. It is concluded that there is a great potential in the practice of sunlight greenhouse in reducing the application of water and fertilizers in the research region.

Key words: sunlight greenhouse; tomato; water and fertilizer; yield and quality; nutrient accumulation