

平衡施肥对线辣椒产量、品质及养分累积的影响

马文娟, 同延安, 高义民, 张树兰, 孔莹

(西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨凌 712100)

【摘要】 **【目的】**探讨平衡施肥对线辣椒产量、果实品质及养分累积的影响,为线辣椒的优质生产提供理论依据。**【方法】**在宝鸡凤翔连续2年(2007~2008年)进行大田试验,共设NPK、PK、NK、NP及不施肥(对照)5个处理,研究平衡施肥技术体系对线辣椒产量、品质和养分累积的影响。**【结果】**平衡施肥(NPK处理)可使线辣椒产量最高达22 001 kg/hm²,纯收益18 830元/hm²;每施入1 kg N、1 kg P₂O₅和1 kg K₂O,线辣椒产量分别增加11、10和17 kg。与NPK处理相比,PK处理使辣椒果实硝态氮与维生素C含量分别降低2.3和223 mg/kg,差异显著;NK处理使辣椒果实维生素C含量降低51 mg/kg;NP处理使辣椒果实的硝态氮含量提高9.6 mg/kg,维生素C含量下降279 mg/kg。每形成100 kg经济产量吸收的养分量为:N 1.87 kg, P₂O₅ 0.42 kg, K₂O 1.42 kg。NPK处理的线辣椒中N、P、K累积量均最高,分别为410、93和311 kg/hm²。**【结论】**推荐当地线辣椒N、P、K施用量分别为262、155、213.6 kg/hm²,适宜的 $m(N):m(P_2O_5):m(K_2O)$ 为1:0.59:0.82。氮磷钾肥平衡施用才能保证线辣椒产量高、品质好、效益佳。

【关键词】 线辣椒;平衡施肥;品质;产量;养分累积

【中图分类号】 S641.306⁺.2

【文献标识码】 A

【文章编号】 1671-9387(2010)01-0161-06

Effect of balanced fertilization on yield, quality and nutrients accumulation of line pepper

MA Wen-juan, TONG Yan-an, GAO Yi-min, ZHANG Shu-lan, KONG Ying

(College of Resources and Environment, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: **【Objective】** The research is to study the effect of balanced fertilization on line pepper yield, quality and nutrient accumulation in order to provide a theoretical foundation for high quality line pepper. **【Method】** A field experiment was carried out in Fengxiang from 2007—2008, and effects of different fertilizing treatments on line pepper yield, quality and nutrient accumulation were studied. The experiment included five fertilizing treatments: NPK, PK, NK, NP and CK. Each treatment was replicated three times. **【Result】** The results indicated that line pepper yield could reach up to 22 001 kg/hm² by using balanced fertilization techniques. 1 kg N, P₂O₅, K₂O could increase the line pepper yield by 11, 10, and 17 kg, respectively. NO₃⁻-N and vitamin C content of PK decreased by 2.3 and 223 mg/kg. Vitamin C content of NK was lower than NPK, decreased by 51 mg/kg. NO₃⁻-N content of NP increased by 9.6 mg/kg, while vitamin C content decreased by 279 mg/kg. To attain 100 kg economic yield, plant should absorb nutrient: N 1.87 kg, P₂O₅ 0.42 kg, K₂O 1.42 kg. Nutrients accumulation in NPK treatment was the highest, N 410 kg/hm², P₂O₅ 93 kg/hm², K₂O 311 kg/hm². **【Conclusion】** The optimum ratio of $m(N):m(P):m(K_2O)$ is 1:0.59:0.82, and the suitable application amount of N, P₂O₅, K₂O is 262, 155, 213.6 kg/hm², respectively. Only the balanced application of N, P and K can have the best line pepper yield, quality and benefit.

* **【收稿日期】** 2009-05-07

【基金项目】 国际植物营养研究所(IPNI)中国项目部;国家科技支撑计划项目(2006BAD05B07)

【作者简介】 马文娟(1982—),女(蒙古族),内蒙古赤峰人,在读博士,主要从事土壤与植物营养研究。E-mail:frwenj@tom.com

【通信作者】 同延安(1956—),男,陕西华县人,教授,博士生导师,主要从事施肥与环境研究。E-mail:tongyanan@nwsuaf.edu.cn

Key words: line pepper; balanced fertilization; quality; yield; nutrient accumulation

辣椒(*Capsicum frutescens* L.)是人们日常生活中重要的蔬菜和调味品之一。我国辣椒资源丰富,种植历史悠久,近几年辣椒种植面积发展迅猛。目前,我国辣椒栽培面积约 142 万 hm^2 ,年产干椒 1 300 亿 $\text{kg}^{[1]}$ 。但是近年来,辣椒生产中重氮、磷肥,轻钾肥的现象比较严重,特别是大量施用化学氮肥^[2-3],造成土壤中养分比例不协调,致使辣椒产量和品质下降,同时还导致肥效降低,环境污染,给人类生活带来诸多危害。随着平衡施肥技术向园艺和经济作物的推广,扭转当前农家施用化肥的不合理现状、把握蔬菜作物合理的施肥量,已成为蔬菜生产面临的紧迫问题^[4]。

以往的研究大多着眼于单种肥料对辣椒产量、品质及养分累积的影响^[5-7],没有考虑氮、磷、钾肥三要素之间的交互作用。本试验对氮、磷、钾肥不同配施量与辣椒产量和品质的关系进行了探讨,以期揭示氮、磷、钾在辣椒生育期的吸收累积规律,为提高陕西关中地区辣椒种植中的养分管理水平提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

田间试验于 2007~2008 年在陕西凤翔县彪角镇李家堡进行。凤翔县位于陕西关中平原和渭北黄土台塬西部,属半湿润半干旱暖温带季风气候;年平均气温 10.9~12.4 $^{\circ}\text{C}$,年均降水量 600~667 mm,无霜期 207 d,年日照时数 2 000~2 200 h,光热条件优越,灌溉条件较好,是陕西线辣椒的主产区^[8]。

供试线辣椒品种为宝椒 2 号,育苗移栽,移栽日期为 05-10;栽植密度 5.3 万穴/ hm^2 ,每穴 3 株。试验地土壤为褐土,耕层(0~20 cm)土壤的养分含量为:速效氮 18.45 mg/kg ,速效磷 23.25 mg/kg ,速效钾 82.1 mg/kg ,有机质 7 g/kg ,pH 7.6。

1.2 试验设计

平衡施肥是根据土壤可以提供的氮、磷、钾养分量,对照线辣椒目标产量所需要的氮、磷、钾三要素数量,提出氮、磷、钾平衡供给的配方。根据配方,用不同的化肥种类和数量合理搭配,以满足线辣椒目标产量所需要全部营养。其中目标产量为调查所得,即在农户 3 年线辣椒平均产量基础上增加 10%~15%。由前人研究可知,每生产 100 kg 辣椒需要吸收 1.45 kg N、0.48 kg P_2O_5 和 0.74 kg

$\text{K}_2\text{O}^{[9]}$ 。本试验设 NPK、PK、NK、NP 和不施肥(对照 CK)5 个处理,具体施肥量见表 1。每处理重复 3 次,小区面积 30 m^2 ,在大田中随机区组排列。试验中氮肥用尿素(含 N 46%),磷肥用过磷酸钙(含 P_2O_5 12%),钾肥用氯化钾(含 K_2O 60%)。移栽时,全部磷肥及 2/3 的氮肥和钾肥作为基肥施入,另外 1/3 氮肥和钾肥作为追肥,追肥时间为移栽后 30 d 左右。田间管理同大田,生长期各小区灌水量相同。

表 1 线辣椒平衡施肥试验方案 kg/hm^2

Table 1 Trial treatment of line pepper balanced fertilization

处理 Treatment	施肥量 Fertilizer application rate		
	N	P_2O_5	K_2O
NPK	240	175	200
PK	0	175	200
NK	240	0	200
NP	240	175	0
CK	0	0	0

1.3 样品的采集与测定

线辣椒定植前采集 0~20 cm 土层基础土样,用土壤养分系统研究法(ASI 法)测定其养分含量。在线辣椒生育期内共取样 6 次,取样时间分别为 2008-07-06、2008-07-23、2008-08-11、2008-08-31、2008-09-16 和 2008-09-30。将植株样品按叶、干、果分置,称量各器官总鲜质量。鲜样在 100~105 $^{\circ}\text{C}$ 下杀酶 15 min 后,于 70~80 $^{\circ}\text{C}$ 烘干至恒质量,称干质量,各小区叶、干、果干质量之和即为该小区线辣椒的生物量。样品粉碎后,用浓 $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}_2$ 消解,Vector 5020 流动注射分析仪测定氮、磷、钾含量^[10],全株养分累积量为叶、干、果累积量之和。线辣椒收获时按小区分次采收,称取鲜质量,最后累加记产,总鲜质量为该小区的最终产量。

线辣椒开花结果盛期(7 月末至 8 月初),在各处理中随机连续选取 10 株线辣椒,对其株高、叶绿素含量及每株结果数进行调查,株高为地面到株冠最顶端分杈处的高度,叶绿素含量用日本产手持叶绿素仪直接测定^[11];线辣椒采收初期(9 月上旬),于各处理中随机选取 10 个线辣椒果实,对其单果质量和单果长进行测定。并在采收初期,取鲜红线辣椒样品,去蒂、去籽,切碎混匀,用 2,6-二氯酚酚滴定法测定维生素 C 含量;硝态氮含量用连续分析仪测定^[12]。

氮肥利用率 = ((NPK 区作物吸氮量 - PK 区作

物吸氮量)/施氮(N)量)×100%;磷肥利用率=((NPK区作物吸磷量-NK区作物吸磷量)/施磷(P₂O₅)量)×100%;钾肥利用率=((NPK区作物吸钾量-NP区作物吸钾量)/施钾(K₂O)量)×100%。

1.4 数据处理

试验数据采用 EXCEL 和 DPS 软件处理分析。

2 结果与分析

2.1 不同施肥处理对线辣椒产量的影响

表 2 是不同处理下线辣椒的产量。由表 2 可见,2007 年线辣椒产量为 NPK>NK>PK>NP>CK,PK、NK、NP、CK 较 NPK 处理分别减产 11.1%,5.1%,11.3%和 22.7%;其中 NPK 与 NK 处理之间,PK、NK、NP 处理间差异均不显著;CK 减幅最高,与各施肥处理间差异显著。每 kg N、P₂O₅、K₂O 肥可分别增收线辣椒 10,6 和 12 kg。2007 年,线辣椒纯收益以 NK 处理最高,为 18 656 元/hm²;NP 处理纯收益最低,为 16 445 元/hm²。由此可见,关中地区农民长期大量施入磷肥,而磷肥当

季利用率低、后效较长,此时不施磷肥对产量并无影响,相反,施入磷肥不仅造成浪费、环境污染,还会降低纯收益。

由表 2 还可知,2008 年,线辣椒产量为 NPK>NK>PK>NP>CK,以 NPK 处理产量最高,达到 22 001 kg/hm²,表明 N、P、K 肥配合施用,能充分发挥土地的生产潜力,提高产量;NK、PK 处理之间产量无显著差异。PK、NK、NP 与 NPK 处理相比,线辣椒产量分别减产 12%,7.5%和 15%。每 kg N、P₂O₅、K₂O 肥可分别增收线辣椒 11,10 和 17 kg。由此可知,当地化肥对线辣椒产量的贡献率为钾肥>氮肥>磷肥,与 2007 年结果相似。施用化肥能不同程度地增加线辣椒的产值,2008 年线辣椒产值排序与产量相同。NPK 处理投入的肥料成本最高,为 3 170 元/hm²,最终纯收益也最高,达到 18 830 元/hm²,分别比 PK、NK、NP、CK 的纯收益高出 1 190,210,2 877 和 2 996 元/hm²。这表明要进一步提高线辣椒生产的经济效益,必须改变当地农民的传统施肥习惯,增施钾肥,平衡施肥。

表 2 不同施肥处理对线辣椒产量的影响
Table 2 Yield and yield increase of line pepper in different treatments

年份 Year	处理 Treatment	经济产量/ (kg·hm ⁻²) Economic yield	与 CK 相比 增幅/% Increase	产值/ (元·hm ⁻²) Output value	肥料成本/ (元·hm ⁻²) Fertilizer outlays	纯收益/ (元·hm ⁻²) Net income
2007	NPK	21 470±1 534 a	29.4	21 470	3 170	18 299
	PK	19 080±619 b	15.0	19 080	2 023	17 056
	NK	20 370±905 ab	22.8	20 370	1 713	18 656
	NP	19 050±1 765 b	14.8	19 050	2 604	16 445
	CK	16 590±156 c	—	16 590	0	16 590
2008	NPK	22 001±2 648 a	38.9	22 001	3 170	18 830
	PK	19 334±1 527 ab	22.1	19 334	2 023	17 640
	NK	20 334±1 155 ab	28.4	20 334	1 713	18 620
	NP	18 558±1 390 bc	17.2	18 558	2 604	15 953
	CK	15 834±764 c	—	15 834	0	15 834

注:辣椒价格=1.00 元/kg;肥料价格:N=4.78 元/kg,P₂O₅=8.33 元/kg,K₂O=2.83 元/kg;同列数据后标不同小写字母者表示差异显著(P<0.05),下表同。

Note:Capsicum price =1.00 Yuan/kg;Fertilizer price:N=4.78 Yuan/kg;P₂O₅=8.33 Yuan/kg,K₂O=2.83 Yuan/kg;The small letter means 5% significant difference,the same as follow.

2008 年,NPK、PK、NK 处理的线辣椒产量与 2007 年相比变化不大,但 NP 处理产量却明显降低,每 hm² 减产 492 kg。这是由于作物连年从土壤中携出钾素,而施入土壤中的钾素很少或不施,造成了土壤钾素亏缺,而线辣椒对钾素的需求量很大,因此,缺钾直接造成减产,收益降低。

2.2 不同施肥处理对线辣椒生长发育的影响

在大田试验中观察到,减钾处理(NP)的线辣椒在定植后 45 d 左右开始出现缺钾症状,表现为分枝

减少,叶片发黄继而脱落,开花结果数减少;减氮处理(PK)的线辣椒叶片发黄且薄,茎干纤细不健壮;而 NPK 处理的线辣椒叶片碧绿,株型高大,挂果多、大且颜色鲜红。

由表 3 可知,NPK 和 NK 处理的线辣椒株高、单果长、单果质量和单株结果数均较其他处理高,但以上二者之间无显著差异(除单果长外)。PK 处理的线辣椒株高、单果长、单果质量、叶绿素含量均显著低于 NPK 处理,说明氮素供应不足,使线辣椒生

长始终处于氮素胁迫状态。与 NPK 处理相比,NP 处理的线辣椒株高、单果长、单果质量、单株结果数均显著降低,这是由于农民长期重视氮磷肥的投入,而线辣椒对钾素的需求量很大,加上作物连年从土壤中携出钾素,共同造成了土壤钾素亏缺,进而影响

了线辣椒的生长。4 个施肥处理中,PK 处理的线辣椒叶绿素含量最低,这是由于氮参与了植物体内许多重要化合物的组成,增施氮肥,可使叶片叶绿素含量增加;而不施氮肥,则直接抑制了叶片叶绿素的合成^[13]。

表 3 不同施肥处理对线辣椒形态特征及叶绿素含量的影响(2008 年)

Table 3 Morphological characteristic and chlorophyll content of line pepper in different treatments(2008)					
处理 Treatment	株高/cm Height of plant	单果长/cm Length per fruit	单果质量/g Weight per fruit	单株结果数 Fruit number per plant	叶绿素含量 (SPAD 读数) Chlorophyll (reading of SPAD)
NPK	75.1 a	20.3 a	9.01 a	38 a	65.4 a
PK	63.9 b	14.6 b	6.42 b	32 ab	59.1 b
NK	74.3 a	17.2 b	8.71 a	34 ab	64.3 a
NP	64.7 b	15.1 b	6.16 b	28 bc	64.7 a
CK	61.5 b	14.4 b	5.98 b	23 c	58.2 b

2.3 不同施肥处理对线辣椒品质的影响

由表 4 可知,4 个施肥处理中,NPK 处理的线辣椒果实中维生素 C 含量最高,为 1 931 mg/kg;NK 处理次之,为 1 880 mg/kg,二者差异不显著;NP 处理的维生素 C 含量最低,为 1 652 mg/kg,与 NPK 处理差异显著。NPK 与 NK 处理的线辣椒果实硝态氮含量差异不显著,但 NK 处理的维生素 C 含量较 NPK 处理降低了 51 mg/kg;PK 与 NPK 处理相比,线辣椒果实硝态氮的含量降低了 2.3 mg/kg,维生素 C 含量降低了 223 mg/kg,均差异显著;与 NPK 处理相比,NP 处理线辣椒果实的硝态氮含量提高了 9.6 mg/kg,维生素 C 含量下降了 279 mg/kg,且差异均显著,表明施用钾肥既能显著增加维生素 C 含量,同时又能降低果实硝态氮含量。这可能是由于钾素充足,有利于促进硝态氮的转运及还原转化^[13]。这与赵护兵等^[14]的研究结果基本一致。

以上结果表明,影响线辣椒果实维生素 C 与硝态氮含量的营养元素的重要性为 K>N>P。

表 4 不同施肥处理对线辣椒硝态氮和维生素 C 含量的影响(2008 年)

Table 4 Content of nitrate-N and vitamin C of line pepper in different treatments (2008) mg/kg		
处理 Treatment	硝态氮/ Nitrate N	维生素 C/ Vitamin C
NPK	14.2±0.6 c	1 931±105 a
PK	11.9±0.9 d	1 708±21 b
NK	14.7±0.5 c	1 880±31 a
NP	23.8±0.7 a	1 652±5 b
CK	16.3±0.4 b	1 643±5 b

2.4 不同施肥处理对线辣椒各个生育期生物量的影响

图 1A 是不同施肥处理线辣椒在整个生育期内

生物量的变化。由图 1A 可以看出,各施肥处理线辣椒生物量随着生育期的延长而缓慢增加,其累积动态几乎呈线性增加。其中 NPK 处理累积生物量最高,为 21 473 kg/hm²;其次为 NK (19 835 kg/hm²)、PK (18 581 kg/hm²) 和 NP (17 895 kg/hm²)处理,CK 的最低,为 15 413 kg/hm²。从 07-06—08-11,各施肥处理线辣椒生物量差异不显著;08-11—08-31,NPK 处理生物量累积速率最快,为 341 kg/(hm²·d),CK 处理累积速率最慢,为 248 kg/(hm²·d);08-31 以后,线辣椒开始收获,生物量累积速率减慢。09-16—09-30 的生物量包括已收获线辣椒的生物量,生理性落叶不计。

2.5 不同施肥处理对线辣椒氮磷钾养分累积量的影响

不同处理线辣椒 N、P、K 累积情况如图 1B、图 1C 和图 1D 所示。由图 1B 可以看出,在线辣椒整个生育期内,各个处理氮累积量总体呈增加趋势,其中 NPK 处理氮累积量最高,为 410 kg/hm²;CK 最低,为 201 kg/hm²;NPK 处理氮累积量分别比 PK、NK、NP、CK 处理高 92,53,81 和 209 kg/hm²。从 07-06—08-31,线辣椒氮累积量随生育期的延长而缓慢增加;08-31 以后,线辣椒主要进行生殖生长,体内养分大部分进行转运分配,因此,N 的累积更为平缓;至 09-30,各处理氮累积量达到最大。本试验中 N 肥利用率为 38.4%。

由图 1C 可以看出,不同处理线辣椒磷累积量随着生育期的延长而逐渐增加,其中 NPK 处理磷累积量最高,为 93 kg/hm²;其次为 NP 处理(72 kg/hm²)、PK 处理(69 kg/hm²)、NK 处理(62 kg/hm²);CK 处理磷累积量最低,为 46.5 kg/hm²。07-06—08-31,各处理磷累积量缓慢增加;08-31 后,

线辣椒营养生长减缓,以生殖生长为主,磷素在植株体内进行转运分配,累积减慢;09-16,PK、NK、CK处理磷累积量达到峰值,分别为76,65和49.7 kg/hm²,后期表现为磷累积量有所降低,因此在果实成熟期,必须保证磷肥充足,以满足后熟的需要^[15],NPK与NP处理磷累积量一直增加,至09-30

达到最高。本试验中磷肥利用率为17.6%。

由图1D可以看出,钾累积量的动态变化与氮、磷相似,即随生育期延长呈逐渐增加趋势。09-30,NPK处理钾累积量达到最大,为311 kg/hm²,比PK、NK、NP、CK分别高26.15,12.26,74.75和229.48 kg/hm²。本试验中钾肥利用率为37.4%。

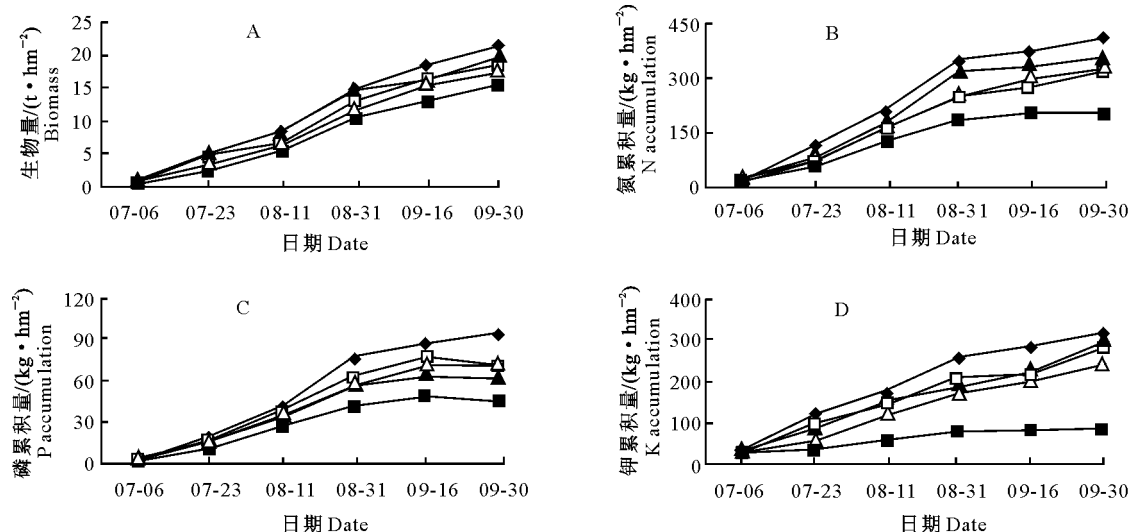


图1 不同施肥处理下线辣椒在生育期内的生物量及氮磷钾累积量的变化(2008年)

—◆—, NPK; —□—, PK; —▲—, NK; —△—, NP; —■—, CK

Fig. 1 Annual changes of biomass, N, P, K accumulation in different treatments of line pepper (2008)

3 讨论

本试验中,NPK处理线辣椒产量最高,缺肥或不施肥均会不同程度减产。分别施入1 kg N、1 kg P₂O₅、1 kg K₂O,线辣椒产量增加11,10和17 kg。邱治龙等^[16]的研究结果显示,增施1 kg N、1 kg P₂O₅和1 kg K₂O,朝天小辣椒产量依次增加7.67,18.2和7.9 kg。朱青等^[17]研究表明,每增施1 kg P₂O₅,可增产辣椒(品种:湘研二号)26 kg;每投入1 kg K₂O,可增产辣椒(品种:湘研二号)59~66 kg。上述试验结果之间差异性很大,究其原因可能与当地的种植方式、土壤养分差异、辣椒品种及当季肥料利用率不同有关。

辣椒生物量的累积与养分累积密切相关,养分累积是生物量累积的基础,也是线辣椒产量形成的基础。不同施肥处理只是在不同程度上改变了辣椒生物量与N、P、K累积量,对养分累积动态趋势影响不大。本试验中NPK处理的N、P、K累积量均最高,分别为410,93,311 kg/hm²;经计算,每形成100 kg经济产量吸收的养分量为N 1.87 kg, P₂O₅ 0.42 kg, K₂O 1.42 kg。尚兴甲等^[18]的研究结果显

示,天鹰椒产量为2 951.75 kg/hm²时,吸收氮、磷、钾的量分别为222.75,21.05和194.45 kg/hm²。Fink^[19]总结了欧洲主栽蔬菜作物的生物量 and 经济产量及其相应的养分吸收量,结果显示,小萝卜、花椰菜在整个生育期氮素(N)吸收量大约为70和320 kg/hm²;花椰菜、黄瓜、芹菜在整个生育期内磷吸收量大约为48,48和41.2 kg/hm²;胡萝卜、芹菜、洋葱在整个生育期内钾吸收量分别为410,352和130 kg/hm²。不同蔬菜种类之间产量和养分吸收量的差异,对蔬菜生产的养分管理提出了不同要求,蔬菜养分管理中必须根据各种蔬菜之间养分需求的差异,确定适宜的养分供应量^[20]。

4 结论

在施等量磷、钾条件下施用氮肥,会导致线辣椒果实硝态氮含量增加2.3 mg/kg;而钾肥作用恰好相反,在施等量氮、磷条件下施用钾肥,线辣椒果实维生素C含量增加279 mg/kg,硝态氮含量降低9.6 mg/kg。磷肥效果不明显。

本试验中,氮、磷、钾肥利用率分别为38.4%,17.6%和37.4%。推荐N、P、K施用量(线辣椒产

量为 22 001 kg/hm²)分别为 262 kg/hm²(氮肥利用率按 35%计)、155 kg/hm²(磷肥利用率按 20%计)、213.6 kg/hm²(钾肥利用率按 35%计),适宜的 $m(\text{N}) : m(\text{P}_2\text{O}_5) : m(\text{K}_2\text{O})$ 为 1 : 0.59 : 0.82。

[参考文献]

- [1] 罗应忠. NPK 对早熟辣椒产量的影响 [J]. 湖北农业科学, 1991 (12): 27-30.
Luo Y Z. The effect of N, P and K fertilizer on yield of pre-mature pepper [J]. Hubei Agric Sci, 1991 (12): 27-30. (in Chinese)
- [2] 郭文龙, 党菊香, 吕家珑, 等. 不同年限蔬菜大棚土壤性质演变与施肥问题的研究 [J]. 干旱地区农业研究, 2005, 23 (1): 85-89.
Guo W L, Dang J X, Lü J L, et al. Soil properties and fertilization in vegetable greenhouse at different ages [J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2005, 23 (1): 85-89. (in Chinese)
- [3] Jenkison D S. An introduction to the global nitrogen cycle [J]. Soil Use and Management, 1990, 6: 56-61.
- [4] 蔡开地. 茎用莴苣氮磷钾肥最优回归试验初报 [J]. 植物营养与肥料学报, 2003, 9 (1): 126-128.
Cai K D. Preliminary study on optimization of N, P, and K application in lettuce [J]. Plant Nutr Fert Sci, 2003, 9 (1): 126-128. (in Chinese)
- [5] Carballo S J, Blankenship S M, Sanders D C. Drip fertigation with the nigentron and potassium and post harvest susceptibility to bacterial soft rot of bell peppers [J]. Journal of Plant Nutrition, 1994, 17 (7): 1175-1191.
- [6] Hardter R. Plant nutrition and fertilization of vegetables for yield and quality [J]. Agro-Chemicals News in Brief, 1997, 20 (1): 7-17.
- [7] 任媛媛, 张恩让, 胡华群, 等. 钾素对辣椒生长及产量的影响 [J]. 西南农业学报, 2007, 20 (5): 1044-1047.
Ren Y Y, Zhang E R, Hu H Q, et al. The effect of potassium fertilizer on growth and yield of red pepper [J]. Southwest China J Agric Sci, 2007, 20 (5): 1044-1047. (in Chinese)
- [8] 冯富强, 王春娟. 关中西部线辣椒生态气候适应性分析 [J]. 陕西农业科学, 2006 (6): 70-73.
Feng F Q, Wang C J. The capsicum adaptability analysis of ecological and climatic conditions in west area of Guanzhong [J]. Shaanxi Agric Sci, 2006 (6): 70-73. (in Chinese)
- [9] 邢素芝, 汪建飞, 姚春芬. 辣椒 NPK 肥料配施数学模型的研究 [J]. 土壤通报, 2003, 34 (3): 238-240.
Xing S Z, Wang J F, Yao C F. Mathematics model on fertilizing N, P and K for pepper [J]. Chin J Soil Sci, 2003, 34 (3): 238-240. (in Chinese)
- [10] 鲍士旦. 土壤农化分析 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1999: 76.
Bao S D. The method of the soil and agriculture chemical analysis [M]. Beijing: China Agricultural Press, 1999: 76. (in Chinese)
- [11] 赵尊练, 史联联, 阎玉让, 等. 克服线辣椒连作障碍的施肥方案研究 [J]. 干旱地区农业研究, 2006, 24 (5): 77-80.
Zhao Z L, Shi L L, Yan Y R, et al. Effect of fertilization on continuous cropping obstacle in pepper [J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2006, 24 (5): 77-80. (in Chinese)
- [12] 王朝辉, 李生秀. 蔬菜不同器官的硝态氮与水分、全氮、全磷的关系 [J]. 植物营养与肥料学报, 1996, 2 (2): 144-152.
Wang Z H, Li S X. The relationship of nitrate-N and water, total N, total P of different organs in vegetable [J]. Plant Nutr Fert Sci, 1996, 2 (2): 144-152. (in Chinese)
- [13] 赵护兵, 同延安, 高义民, 等. 陕西关中壤土区线辣椒对氮、磷、钾肥的肥效反应 [J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2003, 31 (3): 99-101.
Zhao H B, Tong Y A, Gao Y M, et al. Reaction of capsicum to the effect of fertilizer N, P, K in Guanzhong area, Shaanxi province [J]. Journal of Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry: Natural Science Edition, 2003, 31 (3): 99-101. (in Chinese)
- [14] 赵护兵, 同延安, 赵尊练, 等. 壤土区不同蔬菜对钾肥的肥效反应 [J]. 干旱地区农业研究, 2004, 22 (1): 138-141.
Zhao H B, Tong Y A, Zhao Z L, et al. K efficiency of different vegetables in Lou area [J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2004, 22 (1): 138-141. (in Chinese)
- [15] 潘进军, 贾永贵, 尹国红. 温棚蔬菜生理病害防治措施 [J]. 设施园艺, 1999 (5): 14.
Pan J J, Jia Y G, Yin G H. Measures of physiological diseases prevention in greenhouse [J]. Installation Horticulture, 1999 (5): 14. (in Chinese)
- [16] 邱治龙, 杨小刚. 氮磷钾肥不同配施量对辣椒产量的影响 [J]. 耕作与栽培, 2002 (5): 45-46.
Qiu Z L, Yang X G. Effect of N, P and K fertilizer on yield of pepper [J]. Till Cult, 2002 (5): 45-46. (in Chinese)
- [17] 朱青, 李裕荣, 尹迪信, 等. 辣椒平衡施肥试验研究 [J]. 贵州农业科学, 1999, 27 (6): 22-24.
Zhu Q, Li Y R, Yin D X, et al. Effect of balanced fertilization on hot pepper in Guizhou [J]. Guizhou Agric Sci, 1999, 27 (6): 22-24. (in Chinese)
- [18] 尚兴甲, 王梅芳, 孔繁华, 等. 氮磷钾肥料对天鹰椒养分吸收量及干物质产量的影响 [J]. 土壤肥料, 2002 (5): 22-25.
Shang X J, Wang M F, Kong F H, et al. Effect of N, P and K fertilizer on nutrient uptake and dry matter yield of cluster red pepper [J]. Soil Fertilizer, 2002 (5): 22-25. (in Chinese)
- [19] Fink M. Yield and external quality of kohlrabi as affected by soil mineral nitrogen residue at harvest [J]. Journal of Horticultural Science & Biotechnology, 2001, 76 (4): 419-423.
- [20] 陈清, 张福锁. 蔬菜养分资源综合管理理论与实践 [M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2006: 171.
Chen Q, Zhang F S. Theory and practice of vegetable nutrient resources management [M]. Beijing: Chinese Agronomy University Press, 2006: 171. (in Chinese)