

# 不同氮钾肥配施对大棚芦笋产量品质的影响

于二敏, 李衍素, 闫妍, 于贤昌, 贺超兴

(中国农业科学院蔬菜花卉研究所, 北京 100081)

**摘要:**以美国的“泽西奈特”芦笋品种为试材,在塑料大棚栽培条件下,采用2因素4水平的“3414”施肥优化方案试验设计,研究了不同氮钾施用量对芦笋采收量与嫩茎品质的影响。结果表明:随着施氮量的增加,产量呈缓慢增加的趋势;而随着施钾量的增加,产量呈先增加后降低的趋势。氮肥与钾肥之间没有显著的互作效应,芦笋产量对钾肥反应最敏感,钾肥对芦笋产量影响最大;以N1P2K1的处理9产量最高,且一级笋率最高,外观品质最好,畸形笋数量少,商品笋产量最高。以N2P2K2的处理6营养品质最高,粗纤维含量低、口感好,芦丁与皂苷含量最高,分别达0.65 mg/g与26.23 mg/g。通过回归分析,得出最适施肥量为每667 m<sup>2</sup>施尿素33.98 kg、过磷酸钙26.67 kg、硫酸钾28.78 kg。

**关键词:**塑料大棚;芦笋;氮肥;钾肥;产量品质;回归分析

**中图分类号:**S 644.606<sup>+</sup>.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)20-0041-06

芦笋(*Asparagus officinalis* L.)属百合科天门冬属多年生宿根草本植物,又名石刁柏,具有低糖、低脂、高维生素和高纤维素的特点,且含有多种抗癌、抗癌、降血脂等活性成分,被誉为“蔬菜之王”。近年来随着人们生活水平的提高和保健意识增强,国内绿芦笋消费量不断增加,芦笋国内市场不断扩大,然而其产量效益水平仍偏低。芦笋作为多年栽培采收的蔬菜作物,其根区营养会随着栽培年数的延长而不足,尤其是在设施栽培环境下,采收期长,营养消耗大,必须增施肥料以维持芦笋产量水平,因此如何增施肥料是实现芦笋高产优质、高效栽培的关键。

有关芦笋施肥的研究表明,氮肥用量过多,只会提高成本而不会使芦笋产量有明显提高<sup>[1]</sup>。有研究发现,

白芦笋年施氮量在240 kg/hm<sup>2</sup>左右具有较高的产量水平和较好的营养品质,增产效果明显<sup>[2]</sup>。4年生芦笋在施磷量为72 kg/hm<sup>2</sup>时,具有较高的产量与品质<sup>[3]</sup>,芦笋在施钾量300 kg/hm<sup>2</sup>时具有较好的产量与品质<sup>[4]</sup>。也兰春等<sup>[5]</sup>研究表明,芦笋全年生长吸收K最多,是N的1.43倍,芦笋施肥应注重K肥的施用。可见氮钾肥配合使用不仅可以提高芦笋的产量,而且对品质有重要的影响。在芦笋施肥上进行单一肥料的研究很多,考虑氮、磷、钾肥三者配合施用的报道则很少,特别是大棚绿芦笋的施肥研究尚不多见,为此现通过对3年生大棚绿芦笋产量与氮、钾肥施用量的回归分析研究,以期为大棚芦笋高效栽培的合理优化施肥提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试芦笋品种为“泽西奈特”,由美国泽西芦笋公司(Jersey Asparagus Farms, Inc)生产。2012年3月将温室培育的芦笋苗定植于的塑料大棚,大棚土壤为沙壤土,栽培行距1.5 m,株距30 cm,2012年正常管理,不采收,2013年春季开始采收绿芦笋,秋季不采收。

2014年开展增施氮磷钾肥试验,施肥前测定大棚土壤营养含量,所得结果如下:pH值为8.76,电导率为310 μS/cm,速效氮、速效磷和速效钾的含量分别为

**第一作者简介:**于二敏(1990-),女,硕士研究生,研究方向为设施蔬菜栽培。E-mail: yuermin216@163.com.

**责任作者:**贺超兴(1965-),男,博士,研究员,研究方向为设施蔬菜栽培。E-mail: hechaoxing@126.com.

**基金项目:**公益性行业(农业)科研专项资助项目(201003074);中国捷克政府间科技合作资助项目(41-13);中国农业科学院科技创新工程资助项目(CAAS-ASTIT-2013-IVFCAA3);国家外国专家局资助项目(20150326041);“农业部园艺作物生物学与种质创制重点实验室”资助项目。

**收稿日期:**2015-06-10

873、268、282 mg/kg,有机质含量为 1.64%。

## 1.2 试验方法

试验在中国农业科学院蔬菜花卉所顺义农场进行,采用“3414”优化试验方案处理(表 1)。设置 N、K 2 个因子,4 个施用量水平(水平 0 指不施肥,水平 2 表示当地常用施肥量近似值,水平 1 是水平 2 的一半,水平 3 是水平 2 的 1.5 倍)。1 个不施肥对照,共 9 个处理组合,每处理 3 次重复,共 27 个小区,小区面积 6 m<sup>2</sup>,小区完全随机排列,各处理间除施肥外的管理均一致。处理如下:肥料有尿素(含 N 46.4%)、硫酸钾(含 K<sub>2</sub>O 52%)、过磷酸钙(含 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 18%),具体施肥指标为定植基肥施有机肥 5 000 kg,追肥施 250 kg/hm<sup>2</sup> 纯 N,300 kg/hm<sup>2</sup> K<sub>2</sub>O 和 72 kg/hm<sup>2</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>,其中追施的磷肥在春季一次性沟穴施入,其余氮、钾追肥分 3 次穴施于根际,第 1 次于春季嫩茎萌发前(1 月 21 日),占全年施肥量的 30%;第 2 次于春季采笋期施入(5 月 6 日),占全年施肥量的 40%;第 3 次于秋季采笋前使用(7 月 1 日),占全年施肥量的 30%。

表 1 试验处理与施肥量

Table 1 The fertilizer application amount of different treatments

编号 No.	处理 Treatment	667 m <sup>2</sup> 施肥量 Amount of fertilizer apply per 667 m <sup>2</sup> /kg					
		水平 Level					
		N	P	K	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1	N0P0K0	0	0	0	0	0	0
2	N0P2K2	0	2	2	0	4.8	20
3	N1P2K2	1	2	2	8.33	4.8	20
4	N2P2K0	2	2	0	16.67	4.8	0
5	N2P2K1	2	2	1	16.67	4.8	10
6	N2P2K2	2	2	2	16.67	4.8	20
7	N2P2K3	3	2	3	25.00	4.8	30
8	N3P2K2	3	2	2	25.00	4.8	20
9	N1P2K1	1	2	1	8.33	4.8	10

## 1.3 项目测定

1.3.1 产量测定 2014 年 4 月 4 日开始采收春季绿芦笋,采收至 5 月 27 日结束,秋季绿芦笋自 9 月 16 日采收至 10 月 21 日;每 7 d 采收 2 次,采收长度为 18~30 cm 的新发嫩茎。并记录整个采收时间内每个阶段的总产量。

1.3.2 外观品质测定 用游标卡尺测定嫩茎基部茎粗,并根据茎粗对产品分级,茎粗大于 1.0 cm 的为一级笋,茎粗 0.7~1.0 cm 的为二级笋,茎粗小于 0.7 cm 的为三级笋<sup>[6]</sup>。

1.3.3 营养品质测定 从春芦笋采收中期的 4 月 22 日当天采收的嫩茎中每处理选取茎粗 1.0~1.2 cm、长 25~27 cm 的嫩茎 500 g 用于营养品质测定;采用蒽酮比色法测定总糖含量<sup>[7]</sup>;采用考马斯亮蓝染色法测定可溶性蛋白质含量,采用称量法测定纤维素含量<sup>[8]</sup>;采用紫外分光光度法测定芦笋的硝酸盐含量<sup>[9]</sup>;采用高效液相色谱法测定芦丁含量<sup>[10]</sup>,采用分光光度计测定皂苷元含量。

1.3.4 嫩茎内氮、钾元素含量测定 2014 年 4 月,取部分嫩茎鲜样烘干磨碎,采用半微量凯氏法测定 N 含量。将样品粉碎后,用 HNO<sub>3</sub>-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (体积比 5:1) 消煮,采用电感耦合等离子发射光谱仪(ICP-OES)测定 K 含量<sup>[11]</sup>。

## 1.4 数据分析

试验数据采用 DPS 与 Excel 软件进行分析,差异显著性检验标准采用 LSD 法。用不同字母表示  $P \leq 0.05$  差异显著性。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同施肥处理水平对芦笋产量的影响

2.1.1 处理芦笋产量的多重比较分析 由表 2 可知,9 个处理间产量差异极为显著。其中,处理 9 与处理 5 产量最高,处理 3、8 次之,处理 1、2、4、6、7 之间无显著差异,产量相对最低,这说明处理 9 与 5 的 3 因子搭配合理。与对照处理 1 相比,处理 9、5、8、3 的产量均显著增加,而处理 6、7、2、4 与对照无显著差异。以处理 9 产量最高,可达到 381.32 kg/667m<sup>2</sup>,而不施肥对照产量最低,仅为 218.72 kg/667m<sup>2</sup>。

表 2 氮、磷、钾各施肥水平下  
芦笋平均产量多重比较结果

Table 2 The result of multiple comparisons on  
average yield of *Asparagus officinalis* L.

编号 No.	处理 Treatment	小区产量 Plot yield/g				667 m <sup>2</sup> 产量 Yield per 667 m <sup>2</sup> /kg	差异显著性 Significance $\alpha=5\%$
		重复 1 Repeat 1	重复 2 Repeat 2	重复 3 Repeat 3	平均 Average		
1	N0P0K0	2 025.0	1 880.2	1 999.6	1 968.3	218.72	d
2	N0P2K2	2 552.2	2 110.2	2 091.6	2 251.3	250.16	cd
3	N1P2K2	2 636.8	2 828.6	2 718.0	2 727.8	303.10	abc
4	N2P2K0	1 778.3	2 424.9	2 143.5	2 115.6	235.07	cd
5	N2P2K1	3 274.2	2 561.8	4 243.3	3 359.8	373.33	a
6	N2P2K2	2 887.2	2 852.6	2 122.7	2 620.8	291.20	bcd
7	N2P2K3	2 500.6	2 154.1	2 744.9	2 466.5	274.07	bcd
8	N3P2K2	2 794.8	2 952.0	3 367.4	3 038.1	337.58	ab
9	N1P2K1	3 774.0	2 732.8	3 787.9	3 431.6	381.32	a

注:显著性测验同一年为不同处理间比较,同列中不同字母间差异显著 ( $P \leq 0.05$ ),下同。

Note: Significant test were all the comparisons of different treatments about the same indicator, the different letters show significance at  $P \leq 0.05$  at the same column, the same as follows.

2.1.2 对各处理产量的回归分析 对 9 个处理的产量数据进行回归分析(表 3),得出二元二次方程  $Y = 2 060.266 - 0.008x_1^2 - 0.015x_2^2 + 3.077x_1 + 5.632x_2 + 0.007x_1x_2$ 。对各处理数据进行二元二次方程拟合,  $P = 0.009 < 0.05$ ,达到显著水平。然后进行求导求解,得出氮、钾推荐施肥量分别为 667 m<sup>2</sup> 施尿素 33.98 kg、过磷酸钙 26.67 kg、硫酸钾 28.78 kg 时,产量水平最高。由表 3 可以看出,  $x_1$ 、 $x_2$  的  $F$  值检验值不显著,表明氮、钾二者间交互作用不明显,即氮对芦笋产量的效应不因钾素不同水平而发生本质差异,或钾对产量的效应不因氮

表 3 回归分析

Table 3 The result of variance analysis on regression coefficient

变量	估算值	标准差	t 值	P 值
Variable	Estimated value	Standard difference	t value	P value
常量 Constant	2 060.266	420.346	4.901	0.016
$x_1$	3.077	2.839	1.084	0.358
$x_2$	5.632	2.670	2.109	0.125
$x_1^2$	-0.008	0.007	-1.182	0.322
$x_2^2$	-0.015	0.006	-2.508	0.087
$x_1 x_2$	0.007	0.007	0.958	0.409

素不同水平而发生本质的差异。

## 2.2 不同施肥处理水平的单因素效应分析

2.2.1 氮肥水平差异的多重比较 在磷、钾肥适中一致情况下,对不同氮肥水平的处理 2、3、6、8 进行多重比较(表 4)。由不同施氮水平处理的芦笋产量比较可以看出,施氮多的水平 3 芦笋产量最高,较水平 1 与水平 2 增加明显,但差别未达显著水平。由图 1 的氮肥产量曲线看出,随着氮肥施用量的增加,产量呈逐渐上升的趋势,但日趋平稳。尽管增施氮肥的 3 个水平的产量增加不显著,但可以看出增施氮肥还是有利于芦笋的增产。

表 4 氮肥施用效果多重比较

Table 4 Multiple comparison of nitrogen fertilizer application

编号	处理	小区产量 Plot yield/g				差异显著性水平	
		重复 1	重复 2	重复 3	平均	Significant difference level	
No.	Treatment	Repeat 1	Repeat 2	Repeat 3	Average	$\alpha=5\%$	$\alpha=1\%$
8	N3P2K2	2 794.8	2 952.0	3 367.4	3 038.067	a	A
3	N1P2K2	2 636.8	2 828.6	2 718.0	2 727.807	ab	A
6	N2P2K2	2 887.2	2 852.6	2 122.7	2 620.840	ab	A
2	N0P2K2	2 552.2	2 110.2	2 091.6	2 251.333	b	A

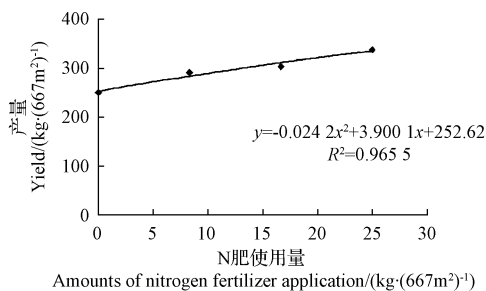


图 1 增施不同量氮肥的产量

Fig. 1 Yield of different nitrogen fertilizer amounts application

2.2.2 钾肥水平不同的多重比较 在氮、磷肥适中一致的情况下,对不同钾素水平的处理 4、5、6、7 进行了产量的多重比较。从表 5 可以看出,低钾水平的水平 1 产量最高。高钾水平的水平 2 与水平 3 处理间无显著差异,产量虽然高于对照,但低于水平 1。由图 2 的芦笋产量曲线看出,随着钾肥施用量的增加,产量先上升,后下降,拐点出现在水平 1 与水平 2 之间,此时产量最高,可见过多施用钾肥无助于芦笋产量的提高。

表 5 钾肥施用效果多重比较

Table 5 Multiple comparison of potassium fertilizer application

编号	处理	小区产量 Plot yield/g				差异显著性水平	
		重复 1	重复 2	重复 3	平均	Significance of difference	
No.	Treatment	Repeat 1	Repeat 2	Repeat 3	Average	$\alpha=5\%$	$\alpha=1\%$
5	N2P2K1	3 274.2	2 561.8	4 243.3	3 359.767	a	A
6	N2P2K2	2 887.2	2 852.6	2 122.7	2 620.840	ab	A
7	N2P2K3	2 500.6	2 154.1	2 744.9	2 466.533	ab	A
4	N2P2K0	1 778.3	2 424.9	2 143.5	2 115.567	b	A

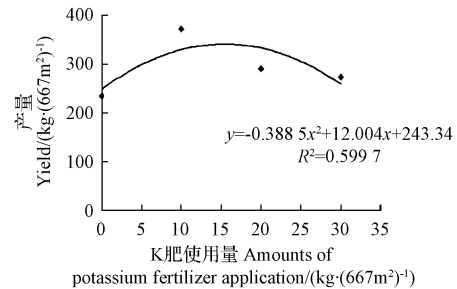


图 2 增施不同量钾肥的产量

Fig. 2 Yield of different potassium fertilizer amounts application

2.2.3 单因素施肥的边际产量分析 在生产水平和其它投入要素数量均保持不变的情况下,新增加一个单位的某种投入要素所引起的产量的增加量,即为边际产量。可以通过对二元一次回归模型求偏导,可求得边际产量模型:  $dy_1/dx_1 = 1.799 - 0.011x_1$ ;  $dy_2/dx_2 = 6.24 - 0.20x_2$ 。将各处理因素的不同施肥量分别代入,可计算出不同施肥水平的边际产量(表 6)。边际产量方程的斜率大小反映各因素边际产量方程变化的幅度,由图 3 可知,芦笋的边际产量效应中钾素的斜率要大于氮素的斜率,但主要表现为负增产效应,表明芦笋产量与施钾量呈负相关。在钾肥逐渐增加的情况下,每增加一单位钾肥料所减少的产量幅度最大,而增施氮肥的变化幅度则较平缓。由两因素边际效应曲线看出,随着施肥水平的提高,边际产量不断降低,以不施肥时的边际效应产量最高,即营养回报率最高,当达到一定的施肥量时,边际产量为 0,然后就会出现负的边际产量,这符合典型的报酬递减曲线。所以如果不考虑交互效应与经济因素,当二因素的边际产量均为 0 时,对应的芦笋产量会最高,即氮肥用量 60.33 kg/667m²,钾肥用量 12.48 kg/667m²。

表 6 不同氮钾施肥水平的芦笋产量边际效应分析

Table 6 Yield boundary analysis on different level fertilizer application of *Asparagus officinalis* L.

因子	施肥水平 Level of fertilizer application			
Factor	0	1	2	3
N	1.799 0	1.601 5	1.400 4	1.201 2
K	2.860 0	2.475 4	2.090 8	1.706 2

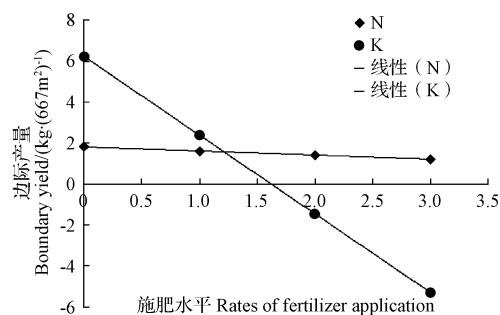


图3 芦笋施肥的产量边际效应

Fig. 3 The curve of *Asparagus officinalis* L. yield boundary effect with different fertilizer application

2.2.4 芦笋的肥料依存度 肥料依存度可表述在某一土壤条件下,一种植物对某种肥料的依赖程度。从表7可以看出,芦笋产量对氮、磷、钾3种肥料共同的依存度为24.9%,而对氮肥的依存度为14.1%,对钾肥的依存度为19.3%。可见施用钾肥对芦笋产量影响最大,即芦笋肥料依存度最高的是钾肥。

表8

不同施肥处理对芦笋产量及其构成因素的影响

Table 8

The influence of treatments on yield of *Asparagus officinalis* L. and its components

编号 No.	处理 Treatment	商品笋数 Number	一级笋数 Class I	二级笋数 Class II	三级笋数 Class III	畸形数 Abnormal	商品率 Marketable rate/ %
1	N0P0K0	78.67 c	42.00 d	22.00 a	14.67 a	10.33 a	94.88
2	N0P2K2	73.33 c	44.33 d	14.33 b	14.67 a	8.00 abc	96.48
3	N1P2K2	75.00 c	52.67 cd	12.67 b	9.67 a	4.33 cd	94.79
4	N2P2K0	80.67 bc	46.67 d	19.67 a	14.67 a	7.33 abc	97.04
5	N2P2K1	98.67 ab	69.67 ab	16.00 ab	13.00 a	6.33 bcd	94.91
6	N2P2K2	85.67 abc	54.67 bcd	14.67 b	15.00 a	9.33 ab	96.15
7	N2P2K3	100.67 ab	70.33 a	16.33 ab	10.33 a	3.00 d	98.47
8	N3P2K2	100.33 ab	63.67 abc	22.33 a	14.33 a	9.33 ab	98.41
9	N1P2K1	104.33 a	71.33 a	17.00 ab	15.67 a	6.00 bcd	97.46

2.3.2 营养品质分析 从表9可以看出,处理4的总糖、维生素C含量最高,分别为2.16%与184.71 mg/kg,粗纤维含量处理5最高,为0.99%,处理6与处理7含量最低,显著低于其它处理,处理6的芦丁与皂苷含量

最高,分别为0.65、26.23 mg/g干样,显著高于其它处理,而其硝酸盐含量也偏高,但是均在安全范围内。因此综合来说,以处理6的粗纤维含量最少且芦笋活性成分最多,因而处理6的营养品质最好。

表9

施肥处理对芦笋营养品质的影响

Table 9

The effect of fertilizer application treatments on spear quality of *Asparagus officinalis* L.

编号 No.	处理 Treatment	总糖含量 Total sugar content /%	维生素C含量 Vitamin C content /(mg · kg <sup>-1</sup> )	粗纤维含量 Crude fiber content /%	硝酸盐含量 Nitrate content /(mg · kg <sup>-1</sup> )	芦丁含量 Rutin content /(mg · g <sup>-1</sup> )	皂苷含量 Saponin content /(mg · g <sup>-1</sup> )
1	N0P0K0	2.01 b	163.73 b	0.84 cde	156.00 bc	0.20 d	20.60 b
2	N0P2K2	2.02 b	163.74 b	0.95 ab	158.00 bc	0.13 e	15.78 cde
3	N1P2K2	2.11 a	116.05 e	0.88 bc	150.00 cd	0.34 b	16.31 cd
4	N2P2K0	2.16 a	184.71 a	0.81 cde	165.00 b	0.27 c	13.66 de
5	N2P2K1	1.97 bc	162.26 b	0.99 a	143.33 d	0.35 b	12.16 e
6	N2P2K2	1.90 c	128.04 d	0.76 e	185.00 a	0.65 a	26.23 a
7	N2P2K3	2.12 a	117.33 de	0.79 de	157.00 bc	0.19 d	17.52 bc
8	N3P2K2	2.14 a	156.67 b	0.93 ab	154.33 bcd	0.33 b	15.57 cde
9	N1P2K1	1.91 c	144.67 c	0.84 cde	162.33 b	0.30 bc	16.90 bcd

2.3.3 芦笋嫩茎的氮、钾元素含量分析 芦笋施肥的不同导致了芦笋嫩茎中N、K含量的差异,由图4可以看

出,处理5嫩茎中氮元素含量最高,处理6最低,与处理4、7、8、9之间无显著差异,但显著低于处理1、2、3、5,可



见芦笋嫩茎含氮量不仅仅受施肥的影响,还可能受到母茎数量及母茎生长等因素的影响,因此并非施氮水平高的处理 8 含量最高。从图 4 钾含量分析可以看出,处理 5 与处理 3 嫩茎钾含量最高,处理 4 次之,三者显著高于

其它处理,而处理 1、2 最低,尽管处理 7 施钾量最多,但嫩茎中钾元素含量并不高,可见施肥水平对嫩茎营养元素含量的影响不大,植株元素的含量水平相对稳定,与施肥配比有关。

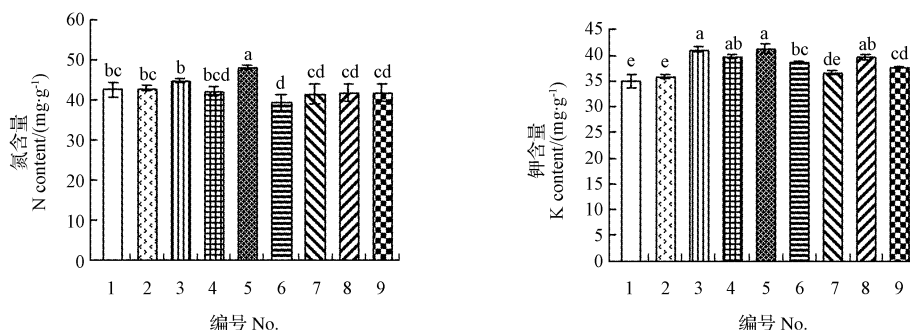


图 4 不同处理下采收嫩茎内的氮、钾元素含量

Fig. 4 The contents of nitrogen and potassium in spears harvested of *Asparagus officinalis* L. among treatments

### 3 讨论

近些年,我国农业生产中由于过量施用化肥而导致了肥料利用率低和面源污染等问题,因此,从当前的过量施肥追求产量转变为精量施肥提高肥料利用率高、高效生产是现阶段农业可持续发展且环境友好的关键。大量研究表明,设施栽培中氮钾配施对连续采收的温室番茄有很好的增产效果且有明显的互作效应<sup>[12]</sup>。

该试验结果与肥料报酬递减律相符,一级笋率越高,产量越高。采用回归分析,建立了二元二次和一元二次肥料效应回归方程,拟合的二元二次与 N、K 的一元二次肥料效应函数均达到显著水平,综合各函数的最佳施肥量得到最高产量施肥量为每 667 m<sup>2</sup> 施尿素 33.98 kg、过磷酸钙 26.67 kg、硫酸钾 28.78 kg。不同的处理对芦笋营养品质的影响没有明显规律,处理 6 (N<sub>2</sub>P<sub>2</sub>K<sub>2</sub>)粗纤维含量最低,显著低于其它处理并且其芦丁与皂苷含量最高,所以综合营养品质最好。而处理 5 (N<sub>2</sub>P<sub>2</sub>K<sub>1</sub>)的嫩茎 N、K 元素含量最高,产量也高,表明以该方案施肥的增产效果最好。

该试验中,氮钾配施显著增加了芦笋产量,2 个因素对芦笋产量的影响钾大于氮,并且二者互作效应不明显。SANDERS<sup>[13]</sup>对芦笋的短期产量结果中也未发现氮、钾肥间存在交互作用,但是对芦笋连续 5 年的产量结果统计后发现氮、钾肥间存在着显著的交互作用,该试验仅是 1 年的短期试验,对于施肥量长期的影响,还有待于进一步研究。

### 参考文献

- [1] KRARUP C, KRARUP A, PERTIERRA R. Growth of asparagus crowns with increasing nitrogen rates at three different sites[J]. Acta Hort, 2002, 589: 145-150.
- [2] 郁春花, 卢朝东, 王岗, 等. 不同氮肥施用量对白芦笋生育指数及产量和品质的影响[J]. 山西农业科学, 2009(5): 38-41.
- [3] 杨恒山, 谷永丽, 张瑞富, 等. 不同磷肥用量对绿芦笋产量及营养品质的影响[J]. 土壤通报, 2011(2): 426-430.
- [4] 张瑞富, 杨恒山, 刘晶, 等. 不同钾肥用量对绿芦笋产量及营养品质的影响[J]. 中国农学通报, 2013(28): 165-168.
- [5] 乜兰春, 孟庆荣, 李英丽, 等. 芦笋矿质元素吸收特性研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2009(5): 1236-1239.
- [6] 陆锡康, 陈忠, 陈泉生, 等. 不同氮肥用量对绿芦笋的影响[J]. 上海农业学报, 2005(4): 82-84.
- [7] 郝建东, 康宗利, 于洋. 植物生理学实验技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2006: 141-142.
- [8] 曹建康, 姜微波, 赵玉梅. 果蔬采后生理生化实验指导[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2007: 68-76.
- [9] 杜应琼, 王富华, 李乃坚, 等. 新鲜蔬菜硝酸盐含量测定的改进试粉法[J]. 园艺学报, 2005(1): 49-53.
- [10] 黄雷芳, 陈波. 本地芦笋中芦丁的提取及其反相色谱鉴定[J]. 食品科技, 2006, 31(7): 244-248.
- [11] 王小平, 项苏留. 微波消解 ICP-OES, AAS 和 AFS 测定大蒜不同部位 20 种元素含量[J]. 光谱学与光谱分析, 2006, 10(26): 1907-1911.
- [12] 贺超兴, 张志斌, 刘富中, 等. 日光温室水钾氮耦合效应对番茄产量的影响[J]. 中国蔬菜, 2001(1): 31-33.
- [13] SANDERS D C. Nitrogen-potassium interactions in asparagus[J]. Acta Hort, 1999, 417: 421-425.

## Effect of Different Nitrogen and Potassium Fertilizer Application on *Asparagus officinalis* L. Yield and Quality in Plastic Tunnel

YU Ermin, LI Yansu, YAN Yan, YU Xianchang, HE Chaoxing

(Institute of Vegetables and Flowers, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081)

DOI:10.11937/bfyy.201520011

# 施肥水平对温室黄瓜养分吸收分布的影响

李 明<sup>1</sup>, 崔世茂<sup>2</sup>, 王怀栋<sup>1</sup>, 葛茂悦<sup>1</sup>

(1. 内蒙古农业大学 职业技术学院, 内蒙古 包头 014109; 2. 内蒙古农业大学 农学院, 内蒙古 呼和浩特 010018)

**摘 要:**以温室内黄瓜为试材,以试验区周边农户常规化肥施用量为对照,以化肥施用量依次递减 1/3 的 4 个不同施肥量为处理,在结果期通过测定养分及土壤有机质、微生物和酶活性变化,分析养分吸收利用状况及其内在影响因素。结果表明:一定范围内减少化肥用量可提高黄瓜根际土壤酶活性和微生物数量,显著增加果实 P 和 K 含量;当 N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 和 K<sub>2</sub>O 施用量分别为 68、30、90 kg/hm<sup>2</sup> 时,可显著提高根际土壤细菌数 50.41%、固氮菌数 24.07%、放线菌数 25.50%、纤维分解细菌数 23.22%、过氧化氢酶活性 13.64%、脲酶活性 14.08%、蔗糖酶活性 30.12%。影响设施黄瓜养分吸收利用的主要因素为土壤和根茎部速效养分含量、土壤放线菌和固氮菌数量及过氧化氢酶活性和有机质含量。

**关键词:**施肥水平;土壤养分;吸收;分布;温室黄瓜

**中图分类号:**S 642.226.5 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)20-0046-05

黄瓜根系对土壤养分需求较为严格和敏感,设施生产中为了产生更高的价值往往过量使用化肥,导致土壤盐分积累、品质恶化等系列的环境问题伴随而生<sup>[1-2]</sup>。肥料施用对于黄瓜生长发育有显著的影响,但过量施用会起到相反作用<sup>[3]</sup>,日光温室内化肥过量施用及其特定

的环境特点是土壤盐分累积的主要因素<sup>[4]</sup>,设施蔬菜优质高产的重要措施是进行科学的水肥管理和保持良好的土壤环境<sup>[1,5-6]</sup>。目前,国内许多设施施肥研究多针对土壤盐分、土壤养分、微生物区系、土壤酶活性变化、黄瓜产量变化等方面的研究上,而对设施土壤养分与黄瓜植株各部位养分吸收分布关系方面研究较少<sup>[7-8]</sup>。现重点探讨不同施肥水平对温室黄瓜养分吸收利用及根际土壤微生物和酶活性等相关因素影响,以期对北方地区设施生产中合理调控水肥、实现设施黄瓜优质高产提供理论依据。

**第一作者简介:**李明(1975-),男,博士,副教授,硕士生导师,现主要从事设施蔬菜生理与环境调控等研究工作。E-mail:liming19750811@163.com。

**基金项目:**内蒙古科技厅应用技术研究资助项目(20120804, 20130209)。

**收稿日期:**2015-05-19

**Abstract:** Under plastic tunnel, using 'Jersey knight' *Asparagus officinalis* L. seeds as material, the effect of yield and nutrient quality of *Asparagus officinalis* L. spear with different fertilizer combination application according the '3414' experiment design were studied. The results showed that with the increase of nitrogen fertilizer used, the yield showed a trend of slow increase; and with the increment of potassium fertilizer application, the yield was reduced after the first increased trend. There was no significant interaction effect between nitrogen and potassium. *Asparagus officinalis* L. production was more sensitive to potassium fertilizer, which had the negative effect on *Asparagus officinalis* L. yield during the potassium reached certain amounts. The N1P2K1 treatment (Treatment 9) had the highest yield and best appearance quality than any other treatments. And N2P2K2 treatment (Treatment 6) showed the lowest crude fiber content and high content of rutin and saponin, which had the highest nutritional quality and the best taste rutin and ginsenoside content were 0.65 mg/g and 26.23 mg/g. After regression analysis by fertilizer model, the suitable fertilization combination could be calculated as following, nitrogen fertilizer for 33.98 kg urea, 26.67 kg calcium superphosphate and 28.78 kg potassium sulphate per 667 m<sup>2</sup>.

**Keywords:** plastic tunnel; *Asparagus officinalis* L.; nitrogen fertilizer; potassium fertilizer; yield and quality; regression analysis