

# 临河区青椒田间肥效试验施肥指标体系建立及施肥量确定

苗三明<sup>1</sup>, 樊秀荣<sup>1</sup>, 张飞<sup>2</sup>, 解玉琴<sup>3</sup>, 高海燕<sup>1</sup>, 张红萍<sup>1</sup>, 彭家宾<sup>4</sup>, 孙祥春<sup>1</sup>, 孙秀云<sup>1</sup>, 张艳<sup>1</sup>

(1. 巴彦淖尔市临河区农业技术推广中心, 内蒙古临河 015000; 2. 巴彦淖尔市绿色产业发展中心, 内蒙古巴彦淖尔 015000; 3. 临河区绿色食品发展中心, 内蒙古临河 015000; 4. 巴彦淖尔市地质矿产调查院, 内蒙古巴彦淖尔 015000)

**摘要** 采用“3414”不完全方案试验, 研究临河区不同产量下青椒的养分肥效和增产指数, 利用相对产量和土壤测试值的相关关系, 建立青椒氮、磷、钾施肥指标体系, 确定合理的施肥量和施肥配比, 以指导临河区青椒生产科学施肥。结果表明, 临河区不同产量下青椒的养分肥效为氮磷钾肥的足量配合施用对青椒产量的影响最大, 氮磷钾肥的综合效应为 46.5%, 说明足量氮磷钾肥配合施用, 才能发挥肥料的最大效应; 增产指数以钾肥最大, 为 99.6 kg/kg, 肥料配比为 8-27-10。

**关键词** 青椒; 增产指数; 丰缺指标; 肥料配比

中图分类号 S641.3 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2021)18-0147-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2021.18.036



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

## Establishment of Fertilization Index System for Field Fertilizer Efficiency Test of Green Pepper in Linhe and Determination of Fertilization Amount

MIAO San-ming<sup>1</sup>, FAN Xiu-rong<sup>1</sup>, ZHANG Fei<sup>2</sup> et al (1. Linhe Agricultural Technology Extended Center of Bayannur, Linhe, Inner Mongolia 015000; 2. Bayannur Green Industry Development Center, Bayannur, Inner Mongolia 015000)

**Abstract** With “3414” incomplete scheme, the nutrient fertilizer efficiency and yields increase index of green pepper under different yields in Linhe were studied. Nitrogen, phosphorus and potassium fertilization index system for green pepper by the correlation between relative yield and soil test value was established, and the reasonable fertilization amount and fertilization ratio were determined in order to guide scientific fertilization of green pepper production in Linhe. The test showed that the greatest impact on the yield of green pepper was adequate combined application of nitrogen, phosphorus and potassium fertilizers, the comprehensive effect of NPK fertilizer was 46.5%. It showed that the sufficiently combined application of nitrogen, phosphorus and potassium could exert the maximum effect of fertilizer, the maximum yield index of potassium fertilizer was 99.6 kg/kg, the fertilizer ratio was 8-27-10.

**Key words** Green pepper; Yield increase index; Nutrient deficiency index; Fertilizer combinations

青椒是临河区重要的蔬菜作物, 也是优良的经济作物, 青椒可直接食用, 是深受人们喜爱的一种蔬菜, 此外, 青椒远销海内外, 主要作为食品添加原料、提取红色素等。目前临河区生产脱水菜的加工企业共有 65 家, 年加工转化能力 16.4 万 t。青椒生产操作相对简单, 产量高、销路广、经济效益好, 种植面积逐年增加<sup>[1]</sup>。传统单一的施肥技术<sup>[2-3]</sup>难以满足青椒的产量和品质, 通过优化施肥技术, 寻求合理的氮磷

钾施肥配比<sup>[4]</sup>和最佳施肥量, 对提高青椒的产量和品质意义重大。

### 1 材料与方法

**1.1 试验地概况** 临河区实施测土配方施肥以来共安排青椒“3414”肥料肥效试验 40 项, 分别在不同乡镇、不同肥力水平的地块上。

**1.2 试验方法** 青椒的田间实施方案见表 1。

表 1 临河区青椒田间肥效试验方案

Table 1 Field fertilizer efficiency test scheme in Linhe District

试验代码 Test code	完成数量 Completed quantity	品种 Variety	灌溉情况 Irrigation situation	2 水平施肥量 Two level-fertilization // kg/hm <sup>2</sup>		
				N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
LH2007QJ	15	农大 40	水浇地	207	168	90
LH2009QJ	5	农大 40	水浇地	207	168	90
LH2010QJ	10	农大 40	水浇地	207	168	90
LH2011QJ	10	农大 40	水浇地	207	168	90

注: 施肥方式为按小区面积计算出各小区施肥量。青椒的重过磷酸钙和氯化钾肥及 30% 的尿素作基肥在播种前深施, 剩余尿素的 70% 在青椒第一穗果膨大时结合浇催果水时追施

Note: The fertilization method was to calculate the fertilization amount of each community according to the area of the community. The heavy superphosphate, potassium chloride and 30% urea of green pepper were used as the base fertilizer and applied deeply before sowing, and 70% of the remaining urea was applied when the first ear of green pepper was expanded combined with fruit accelerating water

小区面积长 10.0 m, 宽 4.8 m, 面积 48 m<sup>2</sup>, 不设重复, 采用随机排列, 试验小区除施肥数量外, 其他管理措施完全一

致。为便于土壤养分丰缺指标的制定、配方的分类指导和对施肥参数进行回归统计, 每个小区分散布置在土壤肥力水平不同的地块上(不同乡镇、不同肥力水平, 依据不同年份产量水平以及土壤化验分析结果确定)。

**基金项目** 国家农业部测土配方施肥基金项目。  
**作者简介** 苗三明(1972—), 男, 山西河曲人, 高级农艺师, 从事农业技术推广与研究。

**收稿日期** 2021-02-23

### 1.3 取样及测试

**1.3.1 土壤取样及测试。**5月中上旬移栽,移栽前在每一试验区取0~20 cm的混合土样,风干研磨,全氮过2 mm筛孔,有效养分过0.25 mm筛孔,保存备用。全氮:浓H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>消煮-半微量凯氏法;有效磷:NaHCO<sub>3</sub>浸提-钼锑抗比色法;有效钾:NH<sub>4</sub>OAc浸提-火焰光度法。

**1.3.2 收获测产。**按小区单独收获,收获时去除边行,数据折算成单位面积产量。

## 2 结果与分析

**2.1 “3414”试验产量结果** 同一作物、不同年度、不同肥力土壤的肥效试验结果见表2。

表2 青椒产量及土壤测试值  
Table 2 Yield of green pepper and soil test values

试验代码 Test code	试验点编号 Test point No.	产量 Yield//kg/hm <sup>2</sup>					土壤养分含量 Soil nutrient content			
		N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	N <sub>0</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> P <sub>0</sub> K <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>0</sub>	有机质 Organic matter g/kg	全氮 Total nitrogen g/kg	有效磷 Available phosphorus mg/kg	速效钾 Available potassium mg/kg
LH2007QJ	1	59 145	69 750	67 710	84 855	65 610	14.9	0.86	23.3	60
	2	58 620	74 565	67 710	85 920	82 995	13.8	0.84	26.0	221
	3	33 000	52 290	37 710	80 565	59 790	12.6	0.80	14.3	109
	4	64 290	81 645	69 420	85 710	76 500	15.5	0.95	20.8	92
	5	58 110	59 145	62 820	70 290	66 000	14.4	0.89	21.0	160
	6	48 630	56 850	64 275	59 055	52 110	18.7	1.09	45.1	327
	7	17 370	26 265	27 795	28 815	18 810	14.5	0.80	22.3	76
	8	34 740	39 480	37 335	59 055	57 450	15.6	0.77	38.2	406
	9	34 740	64 740	54 090	72 960	72 735	17.1	1.06	28.8	206
	10	39 945	43 425	58 590	60 795	50 370	16.4	1.00	42.9	150
	11	55 785	36 735	61 905	55 785	44 235	15.1	0.83	29.9	99
	12	15 600	19 050	38 490	40 590	27 240	14.0	0.53	29.6	107
	13	37 755	27 060	43 875	41 490	33 780	10.0	0.57	20.7	98
	14	31 980	43 245	48 990	63 135	53 070	11.7	0.61	32.9	97
	15	19 725	19 725	25 845	27 210	20 115	15.0	0.81	34.7	59
LH2009QJ	1	45 015	53 775	45 615	61 710	56 160	16.2	0.99	18.0	225
	2	27 555	32 430	31 005	37 980	27 870	17.9	0.97	22.0	203
	3	64 725	65 910	66 225	76 410	50 490	15.3	0.94	14.0	130
	4	33 480	43 680	32 280	56 850	48 900	17.6	1.06	26.0	220
	5	35 340	48 840	46 740	59 175	51 240	16.3	0.95	20.0	170
LH2010QJ	1	33 345	38 010	36 675	42 675	36 675	14.3	0.89	22.0	192
	2	33 345	40 005	36 000	43 335	31 335	14.0	0.85	20.0	121
	3	21 000	36 345	28 665	42 345	40 665	12.5	0.83	11.8	225
	4	36 675	54 000	45 345	58 680	48 675	17.0	0.97	17.0	205
	5	27 675	32 010	43 140	44 010	37 335	14.7	0.88	37.0	150
	6	48 675	57 345	57 345	64 680	54 675	11.0	0.76	18.5	180
	7	46 335	56 010	41 010	58 005	41 340	17.8	1.01	11.6	125
	8	58 680	36 675	56 670	65 340	64 680	7.6	0.55	14.8	239
	9	48 000	53 340	46 005	54 675	46 680	16.2	0.97	19.6	170
	10	65 010	69 015	72 345	77 010	65 340	13.5	0.77	23.0	209
LH2011QJ	1	40 875	54 675	55 470	56 340	44 010	23.5	1.31	38.0	170
	2	50 865	66 300	64 575	77 730	70 290	17.2	0.99	24.8	310
	3	33 675	56 010	35 010	57 960	38 670	22.5	1.26	10.4	145
	4	19 665	28 800	27 210	30 270	20 400	17.2	0.99	24.0	145
	5	55 440	65 730	60 585	67 440	66 870	18.2	1.04	17.7	320
	6	35 745	37 665	41 340	48 000	41 340	12.8	0.76	19.6	115
	7	31 470	38 340	43 335	56 475	50 205	10.8	0.66	15.9	140
	8	25 800	42 735	44 010	44 475	42 540	15.5	0.90	20.8	118
	9	56 580	71 325	71 835	79 320	66 525	14.3	0.84	16.9	160
	10	53 340	71 670	73 350	75 675	74 010	12.8	0.76	19.1	160

**2.2 肥料肥效分析** 将同一作物不同年度40个试验点的无肥区(N<sub>0</sub>P<sub>0</sub>K<sub>0</sub>)、缺某一元素区(N<sub>0</sub>P<sub>2</sub>K<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>P<sub>0</sub>K<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>P<sub>2</sub>K<sub>0</sub>)、全肥区(N<sub>2</sub>P<sub>2</sub>K<sub>2</sub>)产量水平划分归类(高、中、低产量水平划分标准依据全肥区产量水平决定。临河区青椒划分标准:高67 500 kg/hm<sup>2</sup>以上、中52 500~67 500 kg/hm<sup>2</sup>、低

52 500 kg/hm<sup>2</sup>以下)平均后得出的氮、磷、钾肥效<sup>[5]</sup>、增产指数见表3。

从表3可以看出,青椒氮磷钾肥的效应为44.8%~49.8%,平均46.5%,其中增产作用最大的是钾肥,增产指数为86.2~117.3 kg/kg,平均99.6 kg/kg,其次是磷肥,增产指数为22.8~

83.6 kg/kg, 平均 55.8 kg/kg, 最小的是氮肥, 增产指数为 36.7~ 52.7 kg/kg, 平均 46.6 kg/kg。

表 3 青椒不同产量(平均)水平下的养分肥效

Table 3 Nutrient fertilizer efficiency of green pepper under different yield (average) levels

产量水平 Yield level	产量 Yield // kg/hm <sup>2</sup>					肥料效应 Fertilizer effect // %				增产指数 Yield increase index // kg/kg		
	N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	N <sub>0</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> P <sub>0</sub> K <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>0</sub>	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	NPK	N	P	K	N	P	K
高 High	54 405	67 845	64 350	68 205	78 765	44.8	16.1	22.4	15.5	52.7	83.6	117.3
中 Medium	41 205	49 305	49 200	51 135	59 715	44.9	21.1	21.4	16.8	50.3	60.9	95.3
低 Low	26 220	31 680	35 340	31 515	39 270	49.8	24.0	11.1	24.6	36.7	22.8	86.2
平均 Average	40 610	49 610	49 630	50 285	59 250	46.5	20.4	18.3	19.0	46.6	55.8	99.6

注: NPK 效应是 N<sub>2</sub>P<sub>2</sub>K<sub>2</sub> 处理与空白区相比的增产率; 氮、磷、钾效应是对应的缺素区处理与 N<sub>2</sub>P<sub>2</sub>K<sub>2</sub> 相比的减产率; 氮、磷、钾增产指数分别表示 1 kgN、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O 的增产量(kg)

Note: NPK effect is the yield increase rate of N<sub>2</sub>P<sub>2</sub>K<sub>2</sub> treatment compared with blank area; the effects of nitrogen, phosphorus and potassium were the yield reduction rate of the corresponding nutrient deficient area treatment compared with N<sub>2</sub>P<sub>2</sub>K<sub>2</sub>; the yield increase indexes of nitrogen, phosphorus and potassium respectively represented the yield increase of 1kg N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and K<sub>2</sub>O (kg)

### 2.3 养分丰缺指标的划分及合理施肥量的确定

2.3.1 养分丰缺指标划分。将临河区区内所有青椒试验点的土壤养分测定值(全氮、有效磷、速效钾)和相对产量(缺素区产量/全肥区产量)在 Excel 上作散点图, 并求出对数相关关系, 结果见图 1~3。

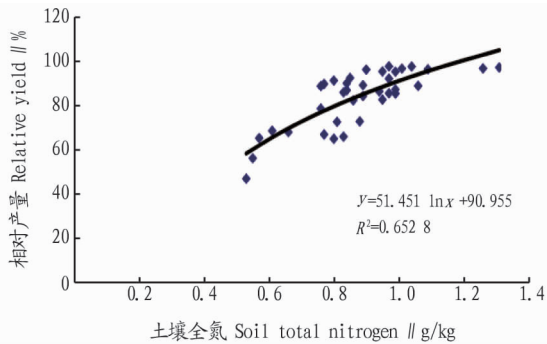


图 1 土壤全氮与相对产量的对数关系

Fig.1 Logarithmic relationship between soil total nitrogen and relative yield

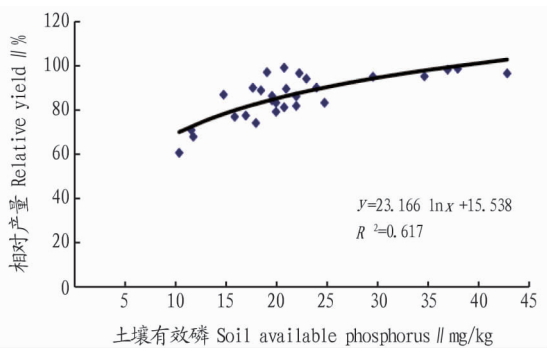


图 2 土壤有效磷与相对产量的对数关系

Fig.2 Logarithmic relationship between soil available phosphorus and relative yield

根据对数相关关系划分出青椒的土壤养分丰缺指标<sup>[6-10]</sup>, 结果见表 4。

2.3.2 不同养分丰缺指标下的经济合理施肥量。将临河区区内青椒所有试验点的土壤养分测定值和一元二次方程的合理施肥量在 Excel 上作散点图, 并求出对数相关关系, 得出最佳施肥量, 确定经济合理的施肥范围。

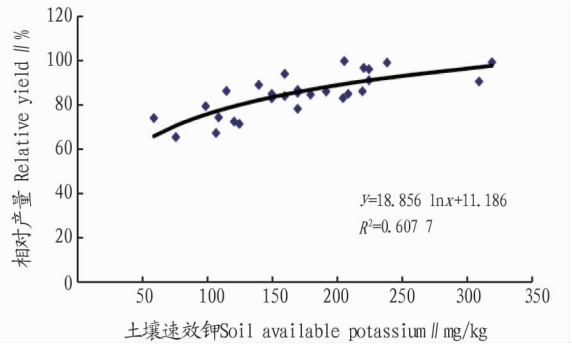


图 3 土壤速效钾与相对产量的对数关系

Fig.3 Logarithmic relationship between soil available potassium and relative yield

采用多年多点试验, 建立最佳施氮量与土壤全氮测定值、土壤有效磷测定值、土壤速效 K 测定值的函数式。青椒总试验点数 40 个, 建立的函数式:

$$\text{施氮量: } y = -9.9747 \ln x + 10.196$$

$$\text{施磷量: } y = -2.62 \ln x + 18.42$$

$$\text{施钾量: } y = -2.2062 \ln x + 14.253$$

将土壤养分丰缺指标带入上述函数式中, 求出各级丰缺指标下的经济合理施肥量。结果见表 5。

### 2.4 制定大配方

2.4.1 确定大配方中氮、磷和钾施用量。从表 4 中查出频率分布达 60% 以上的土壤全氮、有效磷、速效钾土测值范围, 再按照土测值范围从表 4 查最佳施肥量, 制定氮、磷、钾的配方用量。

计算配方时全部的磷肥、钾肥和 20% 的氮肥参与计算(配方肥作基肥, 不作追肥), 结果见表 6。

2.4.2 配方的计算。配方中 N+P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>+K<sub>2</sub>O 总量指需要生产的配方肥的总养分含量(一般为 45%)。

配方中 N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O 含量的计算公式:

$$\text{配方 N、P}_2\text{O}_5\text{、K}_2\text{O} =$$

$$\frac{\text{配方 N、P}_2\text{O}_5\text{、K}_2\text{O 施用量 (kg/hm}^2\text{)}}{\text{配方 N+P}_2\text{O}_5\text{+K}_2\text{O 总施用量 (kg/hm}^2\text{)}} \times 45\%$$

配方计算结果及施肥量: 极低 780 kg/hm<sup>2</sup>, 低 690 kg/hm<sup>2</sup>, 中 630 kg/hm<sup>2</sup>, 高 540 kg/hm<sup>2</sup>, 极高 510 kg/hm<sup>2</sup>。

表4 临河区青椒土测值与相对产量的相关关系及养分丰缺指标

Table 4 Correlation between soil measured value and relative yield of green pepper and nutrient abundance and deficiency index in Linhe District

养分 Nutrient	剔除后试 验数量(n) Number of tests after rejection	相关方程 Correlation equation	R <sup>2</sup>	频率分布 Frequency distribution				
				≤65%(极低)	65%~75%(低)	75%~90%(中)	90%~95%(高)	>95%(极高)
全氮 Total nitrogen	37	$y=51.451\ln x+90.955$	0.652 8	≤0.60 g/kg	0.60~0.73 g/kg	0.73~0.98 g/kg	0.98~1.08 g/kg	>1.08 g/kg
有效磷 Available phosphorus	28	$y=23.166\ln x+15.538$	0.617 0	≤8.5 mg/kg	8.5~13.0 mg/kg	13.0~24.9 mg/kg	24.9~30.9 mg/kg	>30.9 mg/kg
速效钾 Available potassium	28	$y=18.856\ln x-11.186$	0.607 7	≤57 mg/kg	57~97 mg/kg	97~214 mg/kg	214~279 mg/kg	>279 mg/kg

表5 青椒的经济合理施肥范围

Table 5 Economic and rational fertilization range of green pepper

丰缺程度 Abundance and deficiency degree	全氮 Total nitrogen		有效磷 Available phosphorus		速效钾 Available potassium	
	丰缺指标 Abundance and deficiency index//g/kg	经济合理施 肥范围 Economic and reasonable fertilization range// kg/hm <sup>2</sup>	丰缺指标 Abundance and deficiency index//mg/kg	经济合理施 肥范围 Economic and reasonable fertilization range// kg/hm <sup>2</sup>	丰缺指标 Abundance and deficiency index//mg/kg	经济合理施 肥范围 Economic and reasonable fertilization range// kg/hm <sup>2</sup>
最低 Lowest	≤0.60	>228.0	≤8.5	>192.0	≤57	>79.5
低 Low	0.60~0.73	228.0~199.5	8.5~13.0	192.0~175.5	57~97	63.0~79.5
中 Medium	0.73~0.98	199.5~156.0	13.0~24.9	175.5~150.0	97~214	36.0~63.0
高 High	0.98~1.08	156.0~141.0	24.9~30.9	150.0~141.0	214~279	27.0~36.0
最高 Highest	>1.08	<141.0	>30.9	<141.0	>279	<27.0

表6 临河区青椒的配方施肥量

Table 6 Formula fertilization amount of green pepper in Linhe District

养分 Nutrient	频次>60% 的丰缺范围 Abundance and defi- ciency range with frequency >60%	配方施肥量 Fertilization amount of the formula// kg/hm <sup>2</sup>		
		N		
		追肥 Topdres- sing	基(种)肥 Base (seed) fertilizer	
全氮 Total nitrogen	0.73~1.08 g/kg	115.5	49.5	
有效磷 Available phosphorus	8.5~30.9 mg/kg			164.6
速效钾 Available potassium	97~214 mg/kg			59.5

### 3 结论与讨论

(1) 氮磷钾肥的足量配合施用对青椒产量的影响较大。氮磷钾肥的综合效应为46.5%，足量氮磷钾肥不同时期配合施用，才能发挥肥料的最大效应——氮长棵子、钾长果、磷肥长花骨朵。

(2) 氮磷钾3种肥料以钾肥增产指数最大，为99.6 kg/kg，

只有适量施用钾肥足量施用氮磷肥——按需配方施肥，才能达到最佳增产效果。

(3) 建立了临河区青椒施肥指标体系，得出了青椒的大配方，提供了不同地力水平下的青椒基肥施用量，为青椒的科学施肥提供理论依据。

### 参考文献

- [1] 临河区统计工作手册[Z].2020.
- [2] 吕长山,王金玲,于广建,等.氮肥对辣椒果实品质及产量的影响[J].东北农业大学学报,2005,36(4):448-450.
- [3] 高树涛,黄玲,赵凯,等.磷肥不同用量对辣椒品质的影响[J].山东农业科学,2009(1):82-83.
- [4] 董俊霞,魏成熙.氮磷钾施用量对辣椒产量及品质的影响[J].山地农业生物学报,2009,28(5):399-403.
- [5] 党久占,樊秀荣,薄中华,等.河套灌区玉米一穴双株高密度栽培最佳施肥量的研究[J].北方农业学报,2017,45(2):7-10.
- [6] 郑海春.内蒙古主要农作物测土配方施肥及综合配套栽培技术——红干椒[M].北京:中国农业出版社,2011.
- [7] 樊秀荣,苏化洲,刘杰,等.临河区食用向日葵施肥指标体系的建立[J].安徽农业科学,2013,41(33):12859-12860.
- [8] 陈新平,张福锁.通过“3414”试验建立测土配方施肥技术指标体系[J].中国农技推广,2006,22(4):36-39.
- [9] 徐卫华,吴雪芬,张远照.基于Excel的“3414”田间肥效试验模型的应用研究[J].现代农业科技,2012(7):19-21.
- [10] 梁青,聂大杭,高建民.应用“3414”试验拟探讨不同肥料处理对玉米产量的影响[J].内蒙古农业科技,2013(5):54-55,69.