

氮磷钾及有机肥配施对胡萝卜中胡萝卜素含量的综合影响

穆俊祥¹, 曹兴明², 刘栓成², 郭美兰¹, 白雪¹, 高喜叶¹

(1. 集宁师范学院 生化系, 内蒙古 乌兰察布 012000; 2. 集宁师范学院 园艺实训基地, 内蒙古 乌兰察布 012000)

摘 要:通过二次正交旋转回归设计,探讨了氮、磷、钾及有机肥对胡萝卜中胡萝卜素的综合影响。结果表明:影响胡萝卜素含量的一级(2 因素)和三级(4 因素)交互作用显著,二级(3 因素)交互作用不显著;氮磷、氮钾、磷钾、钾与有机肥、磷与有机肥互作有利于胡萝卜素的积累,氮、磷、钾和有机肥合理配施(1 : 0.84 : 2.15 : 725)可明显促进胡萝卜素的积累;在该试验条件下,有利于胡萝卜素积累的最佳施肥方案为:N(8.56~9.03 kg/667m²)、P₂O₅ (6.99~7.2 kg/667m²)、K₂O (18.37~19.41 kg/667m²)、有机肥(6 159~6 596 kg/667m²)。

关键词:氮;磷;钾;有机肥;胡萝卜;胡萝卜素

中图分类号:S 631.206⁺.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2011)13-0017-04

胡萝卜 (*Daucus carota*) 是伞形科胡萝卜属 2 a 生草本植物,以肉质根作蔬菜食用。胡萝卜中含有大量的胡萝卜素特别是 β-胡萝卜素,是所有蔬菜中胡萝卜素含量最高的^[1]。胡萝卜素除用于食品色素外,还可作为药品和功能性添加剂,主要用于维生素 A 缺乏症、光敏症,以及用于保护肌体免受氧自由基的毒害,如具有抗癌、抗心血管病、抗白内障、抗老年性痴呆症等保健功能,故胡萝卜素具有很高的营养、保健和医疗价值^[2-3]。因此胡萝卜素含量是评价胡萝卜品质的重要指标和开发利用胡萝卜的主要依据。

胡萝卜素含量受到遗传因素和植株年龄、土壤营养、气候等诸多因素的影响^[4],对于影响胡萝卜素含量和积累因素的研究已有相关研究报道^[5-6],而有关土壤营养尤其是多种养分配合对胡萝卜中胡萝卜素含量的影响却未见报道。该试验旨在探讨氮磷钾及有机肥配施对胡萝卜中胡萝卜素的综合影响,为胡萝卜优质生产和开发利用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试品种:通过品比试验得到乌兰察布推广的品种“千红百日”胡萝卜。试验肥料:磷酸二铵、尿素、硫酸钾、有机肥(腐熟的羊粪)。

1.2 试验设计

试验采用四因素五水平二次回归正交旋转组合的设计方法^[7-8],分氮、磷、钾和有机肥 4 个因素(分别简

称为 N、P、K 和 OF),每个因素各设 5 个水平,具体取值及其编码值见表 1。

表 1 4 个因素的水平取值及其编码值

Table 1 Four factors of value and its code levels						
试验因素	变化区间	水平编码 ($\gamma=2$)				
Test Factors		-2	-1	0	1	2
N(N, kg/667m ²)	3	0.4	3.4	6.4	9.4	12.4
P(P ₂ O ₅ , kg/667m ²)	2	0.6	2.6	4.6	6.6	8.6
K(K ₂ O, kg/667m ²)	5	5	10	15	20	25
OF(有机肥, kg/667m ²)	2 000	1 000	3 000	5 000	7 000	9 000

注: N、P、K 和 OF 分别代表氮、磷、钾和有机肥。

1.3 试验方法

试验于 2010 年在集宁师范学院园艺实训基地内进行,供试土壤为黄壤土, pH(7.09±0.08)、有机质含量为 0.91%、速效氮含量为 (133.3.16 ± 3.16)mg/kg、速效磷含量(23.23 ± 1.56)mg/kg、速效钾含量(183.65 ± 4.50)mg/kg。

试验小区面积为 5 m² (5 m×1 m), 每小区种植密度为行距 15 cm, 株距 13 cm, 共种植 36 个小区。播种前将有机肥和作为基肥的尿素、二铵、硫酸钾混匀撒入每个小区表面, 然后翻耕, 播种时间为 2010 年 5 月 28 日, 田间管理按照当地推广农艺措施进行。另外在现蕾期和块茎膨大期按照设计用量进行追肥, 其中 70% 为基肥, 30% 为追肥, 收获时间为 2010 年 9 月 20 日。

1.4 测试项目与方法

土壤速效氮用碱解扩散法测定; 速效磷用 0.5 mol/L NaHCO₃ 法测定; 速效钾用乙酸铵提取法测定; 土壤有机质用重铬酸钾容量法稀释热法测定; 土壤 pH 用电位法测定^[9]; 胡萝卜素含量测定在收获后立即进行, 测定方法参照耿三省的柱层析法^[5]。

1.5 数据分析

用 SPSS、DPS、EXCEL 软件进行试验设计及数据

第一作者简介:穆俊祥(1981-),男,内蒙古四子王旗人,硕士,讲师,现主要从事土壤肥料研究工作。E-mail:tlmjx@sina.com。
基金项目:内蒙古自治区高等学校科研资助项目(NJ10214)。
收稿日期:2011-04-01

的统计与分析。

2 结果与分析

2.1 单因素效应分析

试验中 N、P、K 和 OF 各因素除了被研究因素本身在-2、0、+2 水平外,其余因素都固定在 0 水平,因此具有直接可比较性。而对于各个因素在-1 和+1 水平时,其它因素虽不都是固定在一个水平上,但由于这 2 个水平的试验次数一样,且它们的-1、+1 水平搭配均匀,所以,可看成是 2 个水平的正交实验。所以,各个因素的一1 和+1 水平试验结果的平均值具有可比性,其差异可以反映这 2 个水平对试验结果的不同作用^[10-11]。因此,分别计算氮、磷、钾及有机肥 4 个因素中 5 个水平的胡萝卜素含量的平均值(图 1)。由图 1 可看出,随着磷、钾和有机肥施用量的增加,胡萝卜中胡萝卜素含量增加。随着氮肥施用量的增加,胡萝卜素含量表现为先增加后减少的趋势。且通过 5 个水平间的多重比较结果表明(表 2),各种肥料 5 个水平的处理之间差异都显著,这说明施肥对胡萝卜中胡萝卜素含量影响明显。其中对于氮肥来讲,施氮量在-2 水平与-1 水平 2 个处理间差异不显著,但与 0 水平和 1 水平处理间差异显著,说明氮肥施用量超过 0 水平后胡萝卜素含量显著增加,当氮肥施用量超过 1 水平,随着施氮量增加胡萝卜素含量反而会降低。对于磷肥,-1、0、1 水平 3 个处理间差异显著,说明增施磷肥在此范围内胡萝卜素含量显著增加,超出此范围增加不明显。对于钾肥和有机肥,施肥量在-2 水平的处理与其它 4 个处理间差异显著,而其它 4 个处理间差异不显著,这说明多施钾肥和有机肥可显著增加胡萝卜素含量。

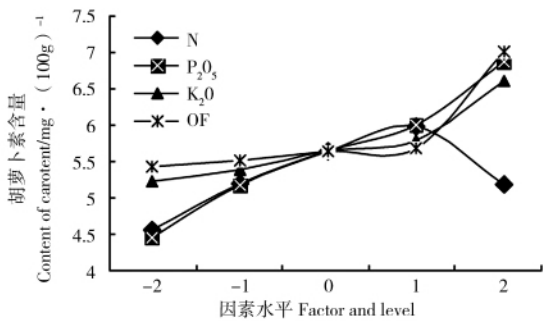


图 1 氮磷钾及有机肥对胡萝卜中胡萝卜素含量的单因子影响

Fig.1 Influence of NPK and organic fertilizer on the contant of beta carotene

表 2 各因素处理水平间的多重比较

Table 2 Multiple comparison between various factors and levels

水平 level	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	OF
-2	4.54 b	4.44 c	5.2 b	5.4 b
-1	5.17 ab	5.17 bc	5.36 b	5.49 b
0	5.61 a	5.61 b	5.61 ab	5.61 b
1	5.95 a	5.97 ab	5.76 ab	5.66 b
2	5.16 ab	6.82 a	6.56 a	6.96 a

注:表中的小写字母表示 0.05 水平上差异显著。
Note:Small letter expresses significantly different at p<0.05.

2.2 氮、磷、钾及有机肥之间交互作用的主次分析

对 4 个因素间的交互作用进行测验。从表 3 可以看出,Corrected Model 统计量 $F = 51.2857$,单侧 $P < 0.01$,所选模型有统计学意义。氮磷 2 个因素的 P 值都小于 0.01,说明这 2 个因子都是影响胡萝卜素含量的主要因素。钾、有机肥以及部分双因素交互作用的 P 值都小于 0.05,说明钾和有机肥对胡萝卜素含量有明显影响,同时除氮和有机肥间的交互作用不显著外其它任何 2 个因素之间交互作用都明显。3 个因素交互作用 P 值都大于 0.05,故可认为它们间交互作用不明显。4 个因素交互作用的 P 值小于 0.05,这说明氮磷钾和有机肥间配施可显著影响胡萝卜素含量。

表 3 因素间交互作用测验

误差来源	平方和	自由度	均方	F 值	显著性
修正模型	17.2354	24	0.718	51.2857	**
截距 Intercept	451.2055	1	451.205	32 228.929	**
N	3.4625	3	1.154	82.4285	**
P	9.3798	3	3.127	223.3571	**
K	1.7059	3	0.569	40.6429	*
OF	1.8099	3	0.603	43.0714	*
N×P	0.0441	1	0.044	3.1428	*
N×K	0.0961	1	0.096	6.8571	*
P×K	0.1849	1	0.185	13.2142	*
N×OF	0.0001	1	0.0001	0.0071	
P×OF	0.0049	1	0.005	0.3571	*
K×OF	0.0001	1	0.0001	0.0071	*
N×P×K	0.0081	1	0.008	0.0554	
N×P×OF	0.0009	1	0.001	0.0714	
N×K×OF	0.0049	1	0.005	0.3571	
P×K×OF	0.0025	1	0.002	0.1428	
N×P×K×OF	0.121	1	0.12	8.571	*
误差 Error	0.154	11	0.014		
总和 Total	1 146.9072	36			
修正总和	18.843	35			

2.3 各级交互效应分析

以二次多项式回归分析,建立氮、磷、钾和有机肥 4 个因子与胡萝卜含量的关系模型为: $Y = 5.16 + 0.3117N + 0.4717P + 0.2483K + 0.195OF - 0.2029N^2 - 0.0079P^2 + 0.0546K^2 + 0.1296OF^2 - 0.0525NP + 0.04NK + 0.01NOF + 0.12PK - 0.02POF + 0.0025KOF$ 。其中 Y 为胡萝卜素含量,单位 mg/100g,N、P、K、OF 分别表示纯氮、 P_2O_5 、 K_2O 、有机肥的施用量,单位 kg/667m²。 F 检验表明,所建方程 Y 的显著水平 $P = 0.0002$,达极显著水平,相关系数 $r = 0.8932$,Durbin-Watson 统计量 $d = 2.26$,接近 2,说明该模型拟合性较好。根据所建立的二次多项式回归模型求全实施方案中 625 个处理的胡萝卜素含量,并进行各级交互效应分析。

2.3.1 一级交互效应分析 交互作用测验的结果(表 3)表明,氮、磷、钾及有机肥之间的 2 因素交互作用除了氮和有机肥间互作不显著外其它因素间都达到显著

水平,因此对其进一步分析。根据所建立的二次多项式回归模型求全实施方案 625 个处理的胡萝卜素含量,由于 625 个处理中各因素试验次数一样,各水平搭配均匀,因此可以分别计算交互作用中 2 个因素各水平两两组合的平均值,并做成双因素交互效应的二元柱状图(图 2)。从图 2-a 可看出,施氮量小于或等于+1 水平时,随着施氮量的增加和施磷量的增加,萝卜素含量增加,说明氮和磷间存在正交互作用;当施氮量大于+1 水平时,随着施氮量和施磷量的增加,胡萝卜素含量降低,说明过量的氮肥和磷肥表现为拮抗作用。从图 2-b 可看出,施氮量小于或等于+1 水平时,随着施氮量的增加和施钾量的增加,胡萝卜中萝卜素含量显著增加,说明氮和磷间存在正交互作用;当施氮量大于

+1 水平时,随着施氮量和施钾量的增加,胡萝卜素含量降低,说明过量的氮肥和钾肥表现为拮抗作用。从图 2-c 可看出,随着施磷量和施钾量的增加,胡萝卜素含量增加,但随着施钾量增加时胡萝卜素含量增加幅度不明显,这说明磷肥比钾肥对胡萝卜素影响更为重要。从图 2-d 可看出,随着施磷量和有机肥施用量的增加,胡萝卜素含量增加,但随着有机肥施用量增加时胡萝卜素含量增加幅度不明显,这说明有机肥和钾肥相比钾肥对胡萝卜素影响更为重要。从图 2-e 可看出,随着施钾量和有机肥施用量的增加,胡萝卜素含量也在增加,但增加不是非常明显,说明钾肥和有机肥之间正交互作用较弱。

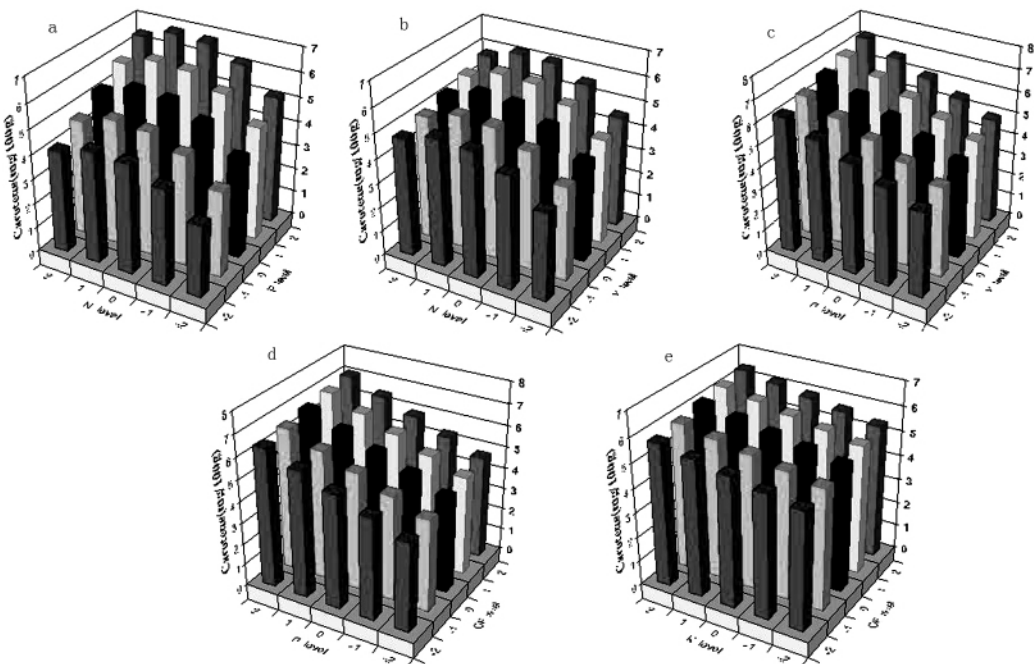


图 2 双因素交互效应的二元柱状图

Fig. 2 Binary bar chart of double factors interaction

注:a,b,c,d 和 e 分别为氮磷、氮钾、磷钾、磷与有机肥、钾与有机肥交互效应

Note:The a,b,c,d and e are interaction effect of NP,NK,PK,P and organic fertilizer, organic fertilizer and K.

2.3.2 多级交互效应分析 二级(三因素)交互作用无显著差异,因此不对 3 个因素间交互效应进行分析。三级(四因素)交互作用有显著差异,故需进一步对 4 个因素间交互效应进行分析,对筛选出的胡萝卜素含量大于 6 mg/100g 的 151 个处理进行频数分析(表 4),可以看出,氮肥因子主要分布在 0、+1、+2 水平,其中以+1 水平的频率最高;磷肥因子主要分布在+1、+2 水平,其中以+2 水平的频率最高;钾肥因子主要分布在 0、+1、+2 水平,与其它因素相比在各水平的分布相对比较均匀;有机肥因子也主要分布在+1、+2 水平,与其它因素相比在各水平的分布相对比较均匀。这说明高磷肥、中等氮肥配合适宜的钾肥和有机肥施用量可明显促进胡萝卜素的积累。

进一步计算试验中胡萝卜素含量大于 6 mg/100g

的 151 个处理中各个因素的加权平均数及标准误,并进行参数的区间估计。从表 5 可知,在试验条件下,最有利于促进胡萝卜素含量积累的氮、磷、钾及有机肥的最佳施肥范围和氮、磷、钾有机肥的最佳比例。

表 4 胡萝卜素含量大于 6 mg/100 g 的 151 个处理中各因子取值的频率分布

Table 4 Values frequency distribution of 151 treatment that lutein content more than 6 mg/100g

水平 Level	氮肥 Nitrogen fertilizer	频率 frequency	磷肥 Phosphoric fertilizer	频率 Frequency	钾肥 Potassic fertilizer	频率 Frequency	有机肥 Organic fertilizer	频率 Frequency
-2	1	0.66	0	0	14	9.27	19	12.58
-1	22	14.57	0	0	21	13.91	25	16.56
0	46	30.46	13	8.61	30	19.87	29	19.21
1	50	33.11	50	33.11	39	25.83	36	23.84
2	32	21.19	88	58.28	47	31.13	42	27.81

表 5 各因子的适宜值及比例

Table 5 Appropriate value and proportion of each factor

因素 Factor	加权均数		标准误	95%的分布区间	
	值 Value	比例 Ratio		下限 (Low limit)	上限 (Upper limit)
纯氮 N(kg/667m ²)	8.794	1	0.081	8.56	9.03
有效磷 P ₂ O ₅ (kg/667m ²)	7.097	0.81	0.053	6.99	7.2
有效钾 K ₂ O(kg/667m ²)	18.89	2.15	0.106	18.37	19.41
有机肥 OF(kg/667m ²)	6 377	725	0.112	6 159	6 596

3 讨论与结论

3.1 讨论

胡萝卜素是一种重要的天然色素,普遍存在于动物、高等植物中,为黄色、橙红色或红色的色素,其对人体健康有着诸多益处。所以,人们利用育种、栽培等各种措施试图提高植物中胡萝卜素含量。而影响胡萝卜素合成的因素很多,除了遗传、光照、海拔和大气等因素外,营养条件对类胡萝卜素的生物合成也有明显影响。已有研究表明,低磷可显著降低小麦中胡萝卜素含量^[12],有机肥的合理使用可以提高柚果实中的胡萝卜素含量^[13],烟草中胡萝卜素积累和氮磷钾密切相关^[14],试验中胡萝卜的胡萝卜素含量和前人的相关研究结果基本一致。氮、磷、钾有机肥间合适施用量可以相互协同,过量则相互拮抗也与人结论一致,但其交互作用机制还需进一步研究。

3.2 结论

在该试验条件下,影响胡萝卜中胡萝卜素含量的一级(2 因素)和三级(4 因素)交互作用明显,二级(3 因素)交互作用不显著。即氮钾、氮磷、磷钾、磷与有机肥、钾与有机肥互作对胡萝卜素含量有显著影响且合适的氮磷钾和有机肥施用量间具协同促进作用。高磷肥、中等氮肥配合适宜的钾肥和有机肥施用量可明显

促进胡萝卜素的积累,同时氮、磷、钾有机肥合理配施比例为 1 : 0.84 : 2.15 : 725。有利于胡萝卜素积累的最佳施肥方案为: N(8.56 ~ 9.03 kg/667m²)、P₂O₅(6.99~7.2 kg/667m²)、K₂O(18.37 ~ 19.41 kg/667m²)、OF(6 159~6 596 kg/667m²)。

参考文献

[1] 张其骏. 胡萝卜类胡萝卜素及其品质的研究[D]. 杭州:浙江大学, 2002:8-64.

[2] Garry J, Handelman PhD. Evolving role of carotenoids in human biochemistry[J]. Nutrition, 2001, 17(10):818-822.

[3] Rock L. Carotenoids; Biology and Treatment [J]. Pharmacology and Therapeutics. 1997, 75(3):185-197.

[4] 梁毅. 胡萝卜品种资源与重要目标性状的选育[J]. 北京农业科学, 2000, 8(2):36-37.

[5] 耿三省, 张平, 王健萱. 胡萝卜中胡萝卜素含量测定方法[J]. 北京农业科学, 1996, 14(2):24-26.

[6] 张平, 吴增茹, 王永健. 胡萝卜栽培过程中 β-胡萝卜素含量的动态研究[J]. 华北农学报, 2000, 15(1):120-124.

[7] 萧兵, 钟俊维. 农业多因素试验与统计分析[M]. 长沙:湖南科学技术出版社, 1985.

[8] 穆俊祥, 曹兴明, 弓建国, 等. 氮磷钾和有机肥配合施用对马铃薯淀粉含量和产量的影响[J]. 土壤, 2009, 41(5):844-848.

[9] 鲍士旦. 土壤和农业化学分析[M]. 北京:中国农业出版社, 2000:9-60, 79-57, 99-107.

[10] 唐启义, 冯明光. 实用统计分析及其 DPS 数据处理系统[M]. 北京:科学出版社, 2002:100-105.

[11] 孙振球, 王乐三. 医学综合评价方法及其应用[M]. 北京:化工出版社, 2006:83-99.

[12] 郑金凤, 李成璞, 董少鸣. 低磷胁迫对小麦代换系叶绿素和类胡萝卜素含量的影响及染色体效应[J]. 华北农学报, 2010, 35(5):48-53.

[13] 聂磊, 刘鸿先. 有机肥对沙田柚果实品质的影响初探[J]. 广东农业科学, 2001, 13(2):79-64.

[14] 陈义强, 刘国顺, 凌爱芬. 氮、磷、钾肥和土壤水分对烟草烤后叶中类胡萝卜素含量的影响[J]. 植物生理学通讯, 2008, 44(2):279-282.

Effect of N,P,K and Organic Fertilizer Amount on Carotene Content in Carrots

MU Jun-xiang¹, CAO Xing-ming², LIU Shuan-chen², GUO Mei-lan¹, BAI Xue¹, GAO Xi-ye¹

(1. Department of Biochemistry, Jining Teachers College, Wulachabu, Inner Mongolia 012000; 2. Practical Base of Agriculture, Jining Teachers College, Wulanchabu, Inner Mongolia 012000)

Abstract: Field experiment with the design of quadric circum-regression were performed to investigate the effects of N,P, K and organic fertilizers on carotene content in carrots. The results indicated that the first order interactions and the third order interaction were all significant. Between N and P, N and K, P and K, P and organic fertilizers, K and organic fertilizers was synergistic at the same time that combined application of N,P,K and organic fertilizer could increase significant carotene content in carrots. In this experiment conditions the optimization scheme of fertilizer used for the accumulation of carotene were: N(8.56~9.03 kg/667m²), P₂O₅(6.99~7.2 kg/667m²), K₂O(18.37~19.41 kg/667m²), organic fertilizers(6 159~6 596 kg/667m²).

Key words: N; P; K; organic fertilizers; carotene