

氮磷钾及有机肥配施对胡萝卜产量的影响^①

穆俊祥, 刘拴成, 曹兴明, 郭美兰, 高喜叶, 白雪

(集宁师范学院生物系, 内蒙古乌兰察布 012000)

Effect of N, P, K and Organic Fertilizer Combined Application on Carrot Yield

MU Jun-xiang, LIU Shuan-chen, CAO Xing-ming, GUO Mei-lan, GAO Xi-ye, BAI Xue

(Department of Biology, Jining Teachers College, Wulachabu, Inner Mongolia 012000)

摘要: 通过二次正交回归旋转设计探讨了氮、磷、钾及有机肥配施对胡萝卜产量的影响。研究结果表明氮磷钾和有机肥合理配施(1:0.5:2.4:789)可显著提高胡萝卜产量;且在本试验条件下,胡萝卜高产施肥方案为:N(8.06~8.72 kg/667m²)、P₂O₅(3.89~4.26 kg/667m²)、K₂O(19.10~20.45 kg/667m²)、有机肥(6346~6907 kg/667m²)。

关键词: 氮;磷;钾;有机肥;胡萝卜;产量

中图分类号: S631.2

胡萝卜(*Daucus carota* L.)是伞形科胡萝卜属二年生草本植物,全球十大蔬菜之一,在我国种植面积非常广泛^[1]。我国胡萝卜栽培面积目前已达 49.3 万 hm², 约占全世界栽培面积的 40.9%, 已成为世界第一胡萝卜生产国。近年来,乌兰察布地区利用其特有气候条件,大力发展胡萝卜产业,成为全国最大的种植和出口基地之一^[2]。同时,乌兰察布市“草原参”胡萝卜基地,已获得国家绿色食品发展中心认证的双 A 级食品证书^[3]。因此,胡萝卜种植已经成为乌兰察布地区农业增产、农民增收、地区经济发展的主要产业之一。但胡萝卜的产量受遗传、生理特性、土壤和栽培条件等诸多因素的影响,其中肥料又是非常重要的因素之一,有关胡萝卜施肥研究虽然已有报道^[4-5],但都没有从多种养分配合尤其是氮磷钾和有机肥合理配施的角度研究胡萝卜产量。为此,本研究通过探讨氮磷钾肥及有机肥配施对胡萝卜产量的影响,为胡萝卜高产高效栽培中科学施肥提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 试验材料

供试品种:通过品比试验得到的本地推广品种千

红百日^[6]。

试验肥料:磷酸二铵,尿素,硫酸钾,有机肥(腐熟的羊粪)。

1.2 试验设计及处理

本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],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。4 个因素 5 个水平的具体取值及其编码值如表 1。

表 1 4 个因素的水平取值及其编码值

试验因素	变化区间	水平编码($\gamma = 2$)				
		-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

本试验于 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 值为 7.09 ± 0.08,有机质含量为 9.1 g/kg,速效氮含量为(133.16 ± 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;有机肥(腐熟的羊粪)中有机

基金项目:内蒙古自治区高等学校科研项目(NJ10214)资助。

作者简介:穆俊祥(1981—),男,内蒙古四子王旗人,硕士,讲师,主要从事园艺植物栽培生理研究。E-mail: tlmjx@sina.com

质含量为 330 g/kg、N 为 23.1 g/kg、P 为 4.5 g/kg、K 为 12.8 g/kg。

1.3 试验实施方案

试验小区面积为 5 m²(5 m×1 m),每小区种植密度为行距是 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、硫酸钾均匀撒入每个小区表面,然后翻耕,播种时间为 2010 年 5 月 28 日,田间管理按照本地推广农艺措施进行。另外在肉质根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 数据测定

本试验中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 值用电位法测定^[8],胡萝卜产量测定在收获后立即按小区进行测定。

1.5 数据处理与分析

用 SPSS、DPS、EXCEL 软件进行试验设计及数据的统计与分析。

2 试验结果与分析

2.1 单因素效应分析

本试验中当 N、P、K 和 OF 4 个因素本身在 -2 水平、0 水平和 +2 水平时,其余因素都固定在 0 水平上,因此具有直接可比较性。而对于各个因素在 -1 和 +1 水平时,其他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 水平、+1 水平搭配均匀,所以可看成是 2 水平的正交试验。因此,各个因素的 -1 和 +1 水平试验结果的平均值也具有可比性,其差异可以反映这 2 个水平对试验结果的不同作用^[9-10]。所以,分别计算氮磷钾及有机肥 4 个因素中 5 个水平的胡萝卜产量的平均值,并对其做多重比较(表 2),结果表明,在本试验条件下,随着氮肥施用量的增加,胡萝卜产量表现为先增加后减少的趋势;随着磷肥施用量的增加,胡萝卜产量逐渐减少;随着钾和有机肥施用量的增加,胡萝卜产量逐渐增加。且 4 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产量影响明显。其中对于氮肥,施氮量在 -2 水平与 -1 水平 2 个处理间差异不显著,但 -1 水平和 2 水平 2 个处理间差异显著,说明在 0 水平之前胡萝卜产量随氮肥施用量增加而增加,但不显著;当氮肥施用量超过 -1 水平,随着施氮量增加胡萝卜产量显著降低。对于磷肥,-2 水平与 -1 水平间差异不显著,但与 0、1、2 水平间差异显著,说明超出 0 水平增施磷肥胡萝卜产量显著降低。对于钾肥,-2、-1、0 水平 3 个处理间无显著差异,但与 1 水平及 2 水平间差异显著,这说明超出 1 水平后,增施钾肥对胡萝卜产量增加不再明显。对于有机肥,施肥量在 -2 水平的处理与其他 4 个处理间差异显著,而其他 4 个处理间无显著差异,这说明超出 -1 水平有机肥施用量对增加胡萝卜产量效果不明显。

表 2 各因素处理水平间的多重比较

水平	N	P	K	OF
-2	4 075.74 ab	6 134.98 a	4 073.8 c	4 578.66 b
-1	5 064.84 a	5 397.61ab	4 110.66 bc	4 824.86 a
0	4 887.08 ab	4 887.08 bc	4 887.08 bc	4 887.08 a
1	4 852.81 ab	4 520.04 c	5 293.15 ab	5 092.79 a
2	3 837.78 b	4 359.82 c	6 060.22 a	5 385.46 a

注:表中同列不同小写字母表示在 $P<0.05$ 水平显著。

2.2 氮磷钾及有机肥之间交互作用的主次分析

对 4 因素间的交互作用进行测验,得表 3。从表 3 可以看出,修正模型统计量 $F=29.713$,单侧 $P<0.01$,所选模型有统计学意义。氮、磷、钾和有机肥的 P 值都小于 0.01,说明这 4 个因子都是影响胡萝卜产量的主要因素。双因素交互作用中除了磷、钾间交互作用外其他任何两因素间交互作用的 P 值都小于 0.05,4 因素交互作用的 P 值也小于 0.05,这说明他们间交互作用对胡萝卜产量影响明显且氮磷钾和有机肥间

配施可显著影响胡萝卜产量。磷与钾二因素交互作用及所有三因素交互作用 P 值都大于 0.05,这说明磷钾互作及三因素互作对胡萝卜产量影响不明显。

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 因子与胡萝卜产量的关系模型为: $Y = 4 887.078 3 - 90.505 8N - 440.452 5P + 388.420 8K + 156.542 5OF - 208.326 9N^2 + 114.333 1P^2 + 69.235 6K^2 + 47.998 1OF^2 - 102.846 3NP + 75.746 3NK + 161.791 3NOF -$

表 3 因素间交互作用测验

误差来源	自由度	F 值	显著性 Sig.
修正模型	24	29.71	0.000**
截距	1	18 920.56	0.000**
N	3	31.79	0.000**
P	3	91.67	0.000**
K	3	71.71	0.000**
OF	3	11.80	0.001**
N×P	1	9.54	0.010**
N×K	1	5.17	0.044*
P×K	1	1.21	0.295
N×P×K	1	2.45	0.146
N×OF	1	23.61	0.001**
P×OF	1	19.35	0.001**
N×P×OF	1	0.44	0.521
K×OF	1	6.19	0.030*
N×K×OF	1	1.57	0.237
P×K×OF	1	1.22	0.292
N×P×K×OF	1	5.29	0.043*
误差	11		
总和	36		

注: $R^2 = 0.985$ (Adjusted $R^2 = 0.952$)

$36.633 8PK - 146.463 8POF - 82.821 3KOF$ 。其中 Y 为胡萝卜产量, 单位为 $\text{kg}/667\text{m}^2$, N 、 P 、 K 、 OF 分别表示纯 N 、 P_2O_5 、 K_2O 、有机肥的施用量, 单位为 $\text{kg}/667\text{m}^2$ 。 F 检验表明, 所建方程 Y 的显著水平 $P = 0.000 0$, 达极显著水平, 相关系数 $r = 0.976 5$, Durbin-Watson 统计量 $d = 1.951 3$, 接近 2, 说明该模型与实际拟合性较好。因此, 根据所建立的二次多项式回归模型求全实施方案的胡萝卜产量, 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 因素交互作用除磷和钾间互作不显著外其他因素间都达到显著水平, 因此对其进一步分析。根据二次多项式回归模型求全实施方案 625 个处理的胡萝卜产量, 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 2 因素交互作用中 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 2a 可以看出, 在本试验范围内随着施磷量的增加胡萝卜产量逐渐减少, 说明磷施用量对胡萝卜产量影响存在着一个阈值, 超出此值磷肥与氮肥表现为拮抗作用, 施氮量在 -2 到 0 水平时, 随着施氮量的增加和施磷量的增加, 胡萝卜产量增加, 当施氮量大于 0 水平时, 随着施氮量和施磷量的增加, 胡萝卜

产量降低, 说明过量的氮肥和磷肥表现为拮抗作用。从图 2b 看出, 施氮量小于或等于 0 水平时, 随着施氮量和施钾量的增加, 胡萝卜产量显著增加, 说明氮和磷间存在正交互作用; 当施氮量大于 0 水平时, 随着施氮量和施钾量的增加, 胡萝卜产量降低, 说明过量的氮肥和钾肥表现为拮抗作用。从图 2c 看出, 施氮量小于或等于 0 水平时, 随着氮肥和有机肥施用量的增加, 胡萝卜产量增加, 说明氮和有机肥间存在正交互作用; 当施氮量大于 0 水平时, 随着氮肥和有机肥施用量的增加, 胡萝卜产量降低, 说明过量的氮肥和有机肥表现为拮抗作用。从图 2d 可以看出, 随着施磷量减少和有机肥施用量的增加, 胡萝卜产量增加, 这说明过量磷肥和有机肥表现为拮抗作用。从图 2e 显示, 随着施钾量和有机肥施用量的增加, 胡萝卜产量增加, 说明钾肥和有机肥之间表现正交互作用。

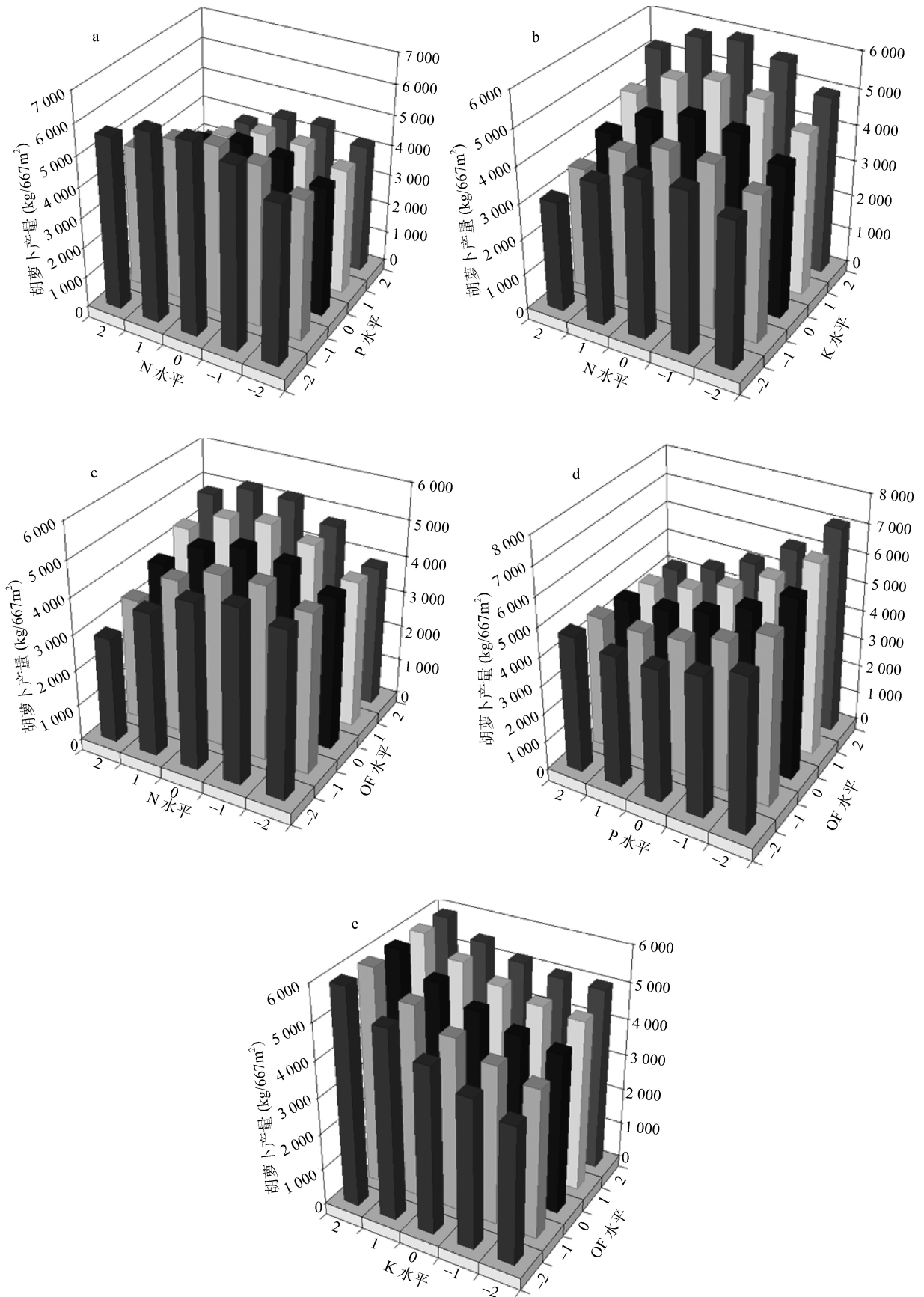
2.3.2 多级交互效应分析 二级(3 因素)交互作用无显著差异, 因此不对 3 因素间交互效应进行分析。三级(4 因素)交互作用有显著差异, 故需进一步对 4 因素间交互效应进行分析, 对筛选出的胡萝卜产量大于 $6000 \text{ kg}/667\text{m}^2$ 的 88 个处理进行频数分析(表 4), 可以看出, 氮肥因子主要分布在 -1 、 0 、 $+1$ 水平, 且各水平的分布相对比较均匀; 磷肥因子主要分布在 -1 、 -2 水平, 其中以 -2 水平的频率最高; 钾肥因子和有机肥因子主要分布在 $+1$ 、 $+2$ 水平, 这说明氮磷钾肥和有机肥合理配可明显增加胡萝卜产量。

进一步计算试验中胡萝卜产量大于 $6000 \text{ kg}/667\text{m}^2$ 的 88 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, 结果列于表 5。从表 5 可知, 在本试验条件下, 最有利于胡萝卜产量增加的氮磷钾及有机肥的最佳施肥范围为: $N 8.06 \sim 8.72 \text{ kg}/667\text{m}^2$ 、 $P_2O_5 3.89 \sim 4.26 \text{ kg}/667\text{m}^2$ 、 $K_2O 19.10 \sim 20.45 \text{ kg}/667\text{m}^2$ 、有机肥 $6346 \sim 6907 \text{ kg}/667\text{m}^2$, 且氮磷钾有机肥的最佳比例为 $1:0.84:2.15:725$ 。

3 结论

在乌兰察布地区胡萝卜生产中, 由于缺乏科学施肥依据, 不顾及养分需求平衡和土壤供给养分状况, 盲目施肥, 从而导致本地区胡萝卜产量偏低。可见, 合理施肥是保证提高产量、降低投入的重要途径。本试验表明氮钾、氮磷、氮与有机肥、磷与有机肥、钾与有机肥互作对胡萝卜产量有显著影响, 且氮磷钾和有机肥合理配施可显著提高胡萝卜产量。

在本试验条件下, 胡萝卜高产的最佳施肥方案



(a、b、c、d和e分别为氮磷、氮钾、氮与有机肥、磷与有机肥、钾与有机肥交互效应)

图 1 双因素交互效应的二元柱状图

表 4 胡萝卜产量大于 6 000 kg/667m² 的 88 个处理中各因子取值的频率分布

水平	N		P ₂ O ₅		K ₂ O		OF	
	次数	频率	次数	频率	次数	频率	次数	频率
-2	1	0.011 4	59	0.670 5	7	0.079 5	10	0.113 6
-1	23	0.261 4	23	0.261 4	8	0.090 9	10	0.113 6
0	25	0.284 1	2	0.022 7	12	0.136 4	13	0.147 7
1	24	0.272 7	1	0.011 4	20	0.227 3	25	0.284 1
2	15	0.170 5	3	0.034 1	41	0.465 9	30	0.340 9
合计	88	1	88	1	88	1	88	1

表 5 各因子的适宜值及最佳施肥配比

因素	N (kg/667m ²)	P ₂ O ₅ (kg/667m ²)	K ₂ O (kg/667m ²)	OF (kg/667m ²)
加权平均数	0.33	-1.523	0.909	0.625
标准误	0.114	0.094	0.138	0.144
95%的分布区间	0.105 ~ 0.554	-1.706 ~ -1.339	0.639 ~ 1.179	0.343 ~ 0.907
最佳施肥范围	8.06 ~ 8.72	3.89 ~ 4.26	19.10 ~ 20.45	6346 ~ 6907
最佳施肥比例	1	0.5	2.4	789

为:氮磷钾有机肥合理配施比例为 1 : 0.84 : 2.15 : 725 , 施肥量 N 8.06 ~ 8.72 kg/667m²、P₂O₅ 3.89 ~ 4.26 kg/667m²、K₂O 19.10 ~ 20.45 kg/667m²、有机肥 6 346 ~ 6 907 kg/667m²。

参考文献:

- [1] 张其骏. 胡萝卜类胡萝卜产量及其品质的研究(硕士学位论文)[D]. 杭州: 浙江大学, 2002: 8-64
- [2] 杨洁, 赵美丽, 秦济云, 红梅, 郑东平, 丁国梁, 高兰计. 钾镁矿肥在胡萝卜无公害生产中的效应[J]. 中国蔬菜, 2006(5): 23
- [3] 乔雪峰, 王国英. 乌兰察布蔬菜产业渐入佳境[N]. 内蒙古日报(汉), 2006-01-26
- [4] 叶舒娅, 朱宏斌, 王文军, 武际. 不同氮钾施用水平对胡萝卜产量和品质的影响[J]. 安徽农业科学, 2000, 28(4): 497-498
- [5] 陈修斌, 张红菊, 赵怀勇, 张文斌, 王勤礼. 河西走廊加工型胡萝卜 N、P、K 肥配施数学模型构建与优化方案研究[J]. 沈阳农业大学学报, 2007, 38(4): 540-544
- [6] 穆俊祥, 曹兴明, 刘拴成, 于秀琴. 乌兰察布地区胡萝卜品种比较试验及最佳种植密度初探[J]. 集宁师专学报, 2010, 32(4): 24-28
- [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] 鲍士旦. 土壤和农业化学分析[M]. 北京: 中国国农业出版社, 2000: 9-60, 79-57, 99-107
- [9] 唐启义, 冯明光. DPS 数据处理系统[M]. 北京: 科学出版社, 2006: 82-102
- [10] 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