

doi:10.16779/j.cnki.1003-5508.2018.02.004

肥料配合施用对核桃产量的影响

闵安民¹,王勇²,莫开林¹,王宇¹,王丽¹,唐永鸿³,安勇明⁴,李红霞¹

(1. 四川省林业科学研究院,四川成都 610081;2. 阿坝州林业局,四川马尔康 624000;

3. 阿坝州木材检查总站,四川马尔康 624000,4. 梓潼县城乡规划建设和社会保障局风景园林管理所,四川梓潼 622150)

摘要:在广元市朝天区矿质黄壤立地条件下,对核桃开展氮、磷、钾肥的配合施用试验,探讨核桃的施肥配比,为生产上核桃合理施肥提供依据。应用 $L_9(3^4)$ 正交设计,进行氮、磷、钾肥料施肥配比试验。结果表明:3种肥料对核桃产量的效果排序是磷肥>钾肥>氮肥;氮、磷、钾3种肥料配比施肥的不同处理对核桃产量有很大的影响,在矿质黄壤上,核桃年施肥量的最佳配比为尿素 $1\ 200\text{ g}\cdot\text{株}^{-1}$ +过磷酸钙 $1\ 500\text{ g}\cdot\text{株}^{-1}$ +硫酸钾 $940\text{ g}\cdot\text{株}^{-1}$ 。

关键词:核桃;氮;磷;钾;肥料;产量

中图分类号:S718.8

文献标识码:A

文章编号:1003-5508(2018)02-0018-05

Effects of Fertilizer Application on the Yield of *Juglans regia* L.

MIN An-min¹ WANG Yong² MO Kai-lin¹ WANG Yu¹ WANG Li¹
TANG Yong-hong³ AN Yong-ming⁴ LI Hong-xia¹

(1. Sichuan Academy of Forestry Science, Chengdu 610081;2. Aba Prefecture Bureau of Forestry, Maerkang 624000;

3. Aba Prefecture Timber Inspection Station of Timber, Maerkang 624000; 4. Institute of Scenery Garden Management of Urban and Rural Planning Construction and Housing Security Bureau in Zitong County, Zitong 622150)

Abstract: In order to obtain the suitable fertilization formula of *Juglans regia* L., the experiment of fertilizer of nitrogen, phosphorus and potassium was conducted by orthogonal design on the gravel yellow earth soil in Chaotian District of Guangyuan City. The results showed that the effect of three kind of fertilizers on the yield of *J. regia* was descendingly phosphorus > potassium > nitrogen, and different disposals of fertilizer of nitrogen, phosphorus and potassium had obvious effects on the yield of *J. regia*. It was recommended that annual fertilization rate was $1\ 200\text{ g}$ urea, $1\ 500\text{ g}$ calcium superphosphate and 940 g potassium sulphate for each tree on the gravel yellow earth soil.

Key words: *Juglans regia* L., Nitrogen, Phosphorus, Potassium, Fertilizer, Yield

核桃(*Juglans regia* L.)属胡桃科(Juglandaceae)胡桃属(*Juglans*)落叶乔木,又称胡桃、羌桃,原产于近东地区。核桃是重要的坚果和木本油料树种,具有很高的营养和经济价值,名列四大干果之首^[1]。核桃在四川栽培历史悠久,自然分布极为广泛,除川西北高原外,几乎遍及全省各地。它是我省栽培比较普遍的干果和木本油料树种,核桃年产量位居我国前茅^[1]。近20年来,全省很多地区结合

“退耕还林工程”建设和农业结构调整,掀起了核桃种植的热潮,已成为一些山区农民增收致富的支柱产业。随着我省核桃发展的面积迅速扩大,栽培和经营管理中的问题也日渐突出,其中施肥管理已成为制约核桃产量和效益提高的关键环节之一^[2]。国内有关对核桃研究多为种质资源^[3-6]、选育^[7-11]、苗木繁育^[12-15]、嫁接^[16-20]、整形修剪^[21-24]、器官组织养分含量及其变化规律^[25-28]、病

收稿日期:2018-03-12

基金项目:四川省科研院所科技成果转化资金项目“核桃专用复混肥料产业化生产与示范推广(14010112)”。

作者简介:闵安民(1963-),男,四川资中人,研究员,主要从事土壤肥力、植物营养与施肥研究,E-mail:minanmin@126.com

虫害防治^[29]等方面的文献报道;核桃施肥方面,国内亦有相关的文献资料^[30~32]。由于土壤肥力状况的变化,必然导致核桃施肥配比的差异,针对四川的土壤条件,关于核桃施肥研究鲜有报道。为了适应我省生产上对核桃施肥管理的需求,通过对核桃结果树进行氮、磷、钾肥料配合施用试验,探索核桃的施肥配比,以期在生产上为我省核桃的合理施肥提供依据。

1 材料与方 法

1.1 试验地概况

试验地点位于广元市朝天区沙河镇镇南华村,

海拔 527 m,低山地 形,坡度 15°~25°。土壤为砂岩坡积母质发育的矿 子黄壤,土层厚度 30 cm~60 cm,土壤呈中性至微碱性反应,土壤有机质、全氮、全磷、速效钾含量偏低,全钾、水解氮、有效磷含量适中,土壤质地粘土,稍偏重,物理性状较好,土壤的保水、保肥能力相对较好(表 1 和表 2)。试验地 区域属于亚热带湿润季风气候,年平均降雨量 980 mm,多集中在 5 月~10 月,气候湿润,雨量充足,光照适宜,四季分明,但由于地处冷暖空气对流交汇的秦巴山地区中部,故夏秋季多雨而冬春季多风;年均气温 12℃~15℃,年极端高温 38℃~39℃,极端低温 -9.1℃~-8.2℃,无霜期 192 d~250 d。水系为嘉陵江流域。

表 1 试验地土壤化学性质

Tab. 1 Chemical properties of soil in trial plot

采样深度 (cm) Depth of sampling (cm)	pH 值 pH value	有机质 (g·kg ⁻¹) Organic matter (g·kg ⁻²)	全氮 (g·kg ⁻¹) Total nitrogen (g·kg ⁻²)	全磷 (g·kg ⁻¹) Total phosphorus (g·kg ⁻²)	全钾 (g·kg ⁻¹) Total potassium (g·kg ⁻²)	水解氮 (mg·kg ⁻¹) Hydrolytic nitrogen (mg·kg ⁻¹)	有效磷 (mg·kg ⁻¹) Available phosphorus (mg·kg ⁻¹)	速效钾 (mg·kg ⁻¹) Rapid available potassium (mg·kg ⁻¹)
0~20	7.24	19.78	1.47	0.42	16.56	83.55	9.37	60.14
20~40	7.62	13.47	0.73	0.28	16.83	64.92	6.45	30.36

表 2 试验地土壤颗粒组成

Tab. 2 Composition of soil particle size in trial plot

采样深度 (cm) Depth of sampling (cm)	粒级含量 (mm, %) Particle size grade (m, %)							质地名称 Texture
	1.0~2.0	0.5~1.0	0.25~0.5	0.05~0.25	0.02~0.05	0.002~0.02	<0.002	
0~20	0.79	1.54	2.35	5.42	11.88	34.13	43.89	粘土 Clay
20~40	0.86	2.31	1.67	1.35	12.53	48.92	32.36	粉砂质粘土 Powder sandy clay

试验地设置于立地条件比较均一、生长较一致的核桃造林地,造林密度 625 株·hm⁻²(株行距 4 m×4 m)。试验地造林时间为 2004 年春。

1.2 试验材料

施肥对象为核桃实生苗造林 12 a 核桃树,造林第 3 年采用芽接方法进行品种改造,嫁接的核桃品种为本地选育的优良品种“硕星”。

试验用肥料:尿素—(NH₂)₂CO(N 46%),过磷酸钙—Ca (H₂PO₄)₂·H₂O (P₂O₅ 12%),硫酸钾—K₂SO₄(K₂O 50%)。

1.3 试验设计

(1)施肥因素与水平:试验施用肥料及施肥量见表 3。

(2)试验处理:试验采用 L₉(3⁴)正交设计^[33],3 因素 3 水平 9 个处理,以不施肥为对照(CK)处理,共计 10 个处理,试验处理分别为 1 N₁P₁K₁、2

N₁P₂K₂、3 N₁P₃K₃、4 N₂P₁K₃、5 N₂P₂K₁、6 N₂P₃K₂、7 N₃P₁K₂、8 N₃P₂K₃、9 N₃P₃K₁、10 N₀P₀K₀(CK)。

表 3 施肥因素和水平(单位:g·株⁻¹)

Tab. 3 Factor and level of fertilizer application (Unit: g·per plant)

因素 Factor	水平 Level		
	1	2	3
尿素 Urea	900	1200	1500
过磷酸钙 Calcium superphosphate	1500	2000	2500
硫酸钾 Potassium sulphate	560	750	940

(3)试验田间排列:处理小区随机排列^[33],每处理小区 5 株,4 次重复。设置试验地面积 1hm²。

1.4 方 法

(1)施肥时间及方法:根据核桃的年生长特点,肥料分两次施用,第 1 次在春季萌芽前,施用量为总用量的 60%,第 2 次在幼果发育期,施用量占年总

用量的 40%。对于坡地,在坡上方沿树冠投影挖半环形沟,平地上沿树冠投影挖环形沟,将试验处理要求所施肥料种类及用量均匀施于沟中,覆土。

(2)产量观测:在核桃果实成熟采收时,按株观测产量。

(3)数据分析:试验结果采用方差分析^[33]和极差分析^[34]两种方法进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 肥料配合施用对核桃产量的影响

施肥试验地核桃产量观测统计结果及方差分析见表 4 和表 5。

表 4 核桃施肥试验产量统计(单位:g·株⁻¹)

重复 duplication	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I	6 880	6 402	7 075	7 602	6 918	6 842	7 572	6 635	6 274	6 385
II	5 843	6 533	6 040	8 977	5 820	6 532	6 992	5 898	7 308	5 165
III	6 752	6 048	6 573	8 238	6 857	7 083	7 987	8 117	5 986	5 383
IV	6 491	6 327	6 700	8 005	6 531	6 819	7 517	6 883	6 094	5 977
平均 average	6 491.5	6 327.5	6 597	8 205.5	6 531.5	6 819	7 517	6 883.25	6 415.5	5 727.5

表 5 核桃施肥试验产量方差分析表

变异来源 source of variance	平方和 Quadratic sum	自由度 Degree of freedom	均方差 Mean square deviation	F 值 F value	显著水平 significant difference level
区组间 duplication	92 4487.1	3	308 162.4	1.125	0.3563
处理间 Treatment	16 812 555	9	1 868 062	6.822	0
误差 error	7 393 606	27	273 837.2		
总变异 Total variance	25.1332	39			

通过双方向方差分析结果(见表 5)看,F 检验结果表明施肥试验处理间差异极显著,为进一步分

析各处理间与对照的差异,采用 L. S. D 进行多重比较(见表 6)。

表 6 核桃施肥试验产量多重比较分析表(单位:g·株⁻¹)

处理 Treatment	均值 average	4	7	8	6	3	5	1	9	2	10
4	8 205.5		0.0737	0.0014	0.0009	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
7	7 517	688.5		0.0982	0.07	0.0194	0.0129	0.01	0.0061	0.0034	0.0001
8	6 883.25	1 322.25 **	633.75		0.8634	0.4459	0.3502	0.2991	0.217	0.1447	0.0042
6	6 819	1 386.5 **	698	64.25		0.5535	0.4439	0.3839	0.2851	0.1952	0.0065
3	6 597	1 608.5 **	920 *	286.25	222		0.8608	0.7777	0.6277	0.4727	0.0263
5	6 531.5	1 674 **	985.5 *	351.75	287.5	65.5		0.9147	0.7563	0.586	0.0387
1	6 491.5	1 714 **	1 025.5 **	391.75	327.5	105.5	40		0.8388	0.6611	0.0487
9	6 415.5	1 790 **	1 101.5 **	467.75	403.5	181.5	116	76		0.8138	0.0739
2	6 327.5	1 878 **	1 189.5 **	555.75	491.5	269.5	204	164	88		0.1165
10	5 727.5	2 478 **	1 789.5 **	1 155.75 **	1 091.5 **	869.5 *	804 *	764 *	688	600	

注:试验标准差 $S = (\text{误差均方差} / \text{重复数} * 2)^{1/2} = (273 837.2 / 4 * 2)^{1/2} = 370 \text{ g} \cdot \text{株}^{-1}$; 当 n(误差自由度) = 27 时, $t_{0.05} = 2.05, t_{0.01} = 2.77$, 5% L. S. D(5% 最小显著性差数) = $t_{0.05} * 370 \text{ g} \cdot \text{株}^{-1} = 2.05 * 370 \text{ g} \cdot \text{株}^{-1} = 758.5 \text{ g} \cdot \text{株}^{-1}$, 1% L. S. D(1% 最小显著性差数) = $t_{0.01} * 370 \text{ g} \cdot \text{株}^{-1} = 2.77 * 370 \text{ g} \cdot \text{株}^{-1} = 1 024.9 \text{ g} \cdot \text{株}^{-1}$ 。

从表 6、表 7 可知,所有 9 个施肥试验处理与对照比较,核桃产量均有增加效果,产量增加排序为处理 4 > 处理 7 > 处理 8 > 处理 6 > 处理 3 > 处理 5 > 处理 1 > 9 处理 > 2 处理 > 10 处理(CK),肥料配合施用处理 4 效果最好,处理 7 次之,分别比对照增产 42.36% 和 31.24%。施肥试验处理 4、7、8、6 与对

照产量差异极显著;施肥试验处理 3、5、1 与对照产量差异显著;施肥试验处理 9、2 与对照产量无显著差异。施肥试验处理 4 与其它 9 个处理相比较,产量均有增加,除与处理 7 的产量无显著差异外,与其它 8 个处理的产量差异极显著;试验处理 7 除比处理 4 产量低外,比其它 8 个处理产量高,与处理 8 和

表 7 核桃施肥试验产量结果差异性

Tab. 7 Difference of *Juglans regia* L. yield in fertilization trial plots

处理 Treatment	均值 Average	5%显著水平 Significant difference at 5% level	1%极显著水平 Very significant difference at 1% level
处理 4	8 205.5	a	A
处理 7	7 517	ab	AB
处理 8	6 883.25	bc	BC
处理 6	6 819	bc	BC
处理 3	6 597	c	BCD
处理 5	6 531.5	c	BCD
处理 1	6 491.5	c	CD
处理 9	6 415.5	cd	CD
处理 2	6 327.5	cd	CD
处理 10	5 727.5	d	D

注:同列不同字母表示 $P < 0.05$ 水平显著差异或 $P < 0.01$ 水平极显著差异。

Note: Different letters within in a column indicate significant difference at $P < 0.05$ level or very significant difference at $P < 0.01$ level.

处理 6 的产量无显著差异,与处理 3、处理 5 的产量差异显著,与其余 4 个处理的产量差异极显著;处理 8、6 与处理 3、5、1、9、2 的产量无显著差异,两者与对照处理的产量有极显著差异。闵安民等对核桃结果期叶片和果实养分元素的研究表明^[35],核桃对氮、磷养分元素有更高的需求量,试验的结果也说明了满足此需求的肥料配合处理,产量明显高于其他处理,取得了明显的施肥效果。

2.2 氮、磷、钾肥效主次分析

从氮、磷、钾养分元素肥料施用水平的产量(见表 8)极差值看,氮肥 3 个施肥量水平的核桃产量极差值 NR = 713.3 g · 株⁻¹,增产 11.02%,磷肥的极差值 PR = 823.9 g · 株⁻¹,增产 12.52%,钾肥的极差值 KR = 749.1 g · 株⁻¹,增产 11.56%,反映出氮、磷、钾肥对核桃产量的影响不尽相同,表现为磷肥 > 钾肥 > 氮肥,李彦慧,陈虹等对核桃配方施肥的研究^[2,36]得到了相同的结果。核桃进入结果期后,每年开花结实,需要吸收和消耗土壤中大量的养分维持树势健壮和丰产稳产,因此,增加施肥用量和施用其它养分元素同样重要^[36],才能平衡地供给其生长所需的养分。

2.3 核桃结果树施肥效益

在氮、磷、钾 3 要素施肥水平中,肥效最高的分别为施用尿素 1 200 g · 株⁻¹,平均产量是 7 185.3 g · 株⁻¹,施用过磷酸钙 1 500 g · 株⁻¹,平均产量为 7 404.7 g · 株⁻¹,施用硫酸钾 940 g · 株⁻¹,平均产量是 7 228.6 g · 株⁻¹(见表 8)。由此可见,优化核桃的氮、磷、钾 3 要素配合肥料年施用量为尿素

1 200 g · 株⁻¹、过磷酸钙 1 500 g · 株⁻¹和硫酸钾 940 g · 株⁻¹,这一施肥配比正好是第 4 处理,是核桃平均产量最高的施肥处理,即试验设计的中等水平氮肥、低水平磷肥和高水平钾肥用量,这与试验地土壤氮、磷有效含量中等、钾有效含量偏低密切相关。陈虹等对新疆早实核桃测土配方施肥研究^[36],发现氮、磷、钾有效含量低的土壤适宜的施肥量高于有效含量高的土壤,得到与本研究相一致的结果。因此,氮、磷、钾 3 要素的施肥配比与土壤肥力关系紧密。

表 8 核桃施肥试验产量与施肥水平(单位:g · 株⁻¹)Tab. 8 The range of *Juglans regia* L. yield with different fertilization level(Unit: g · per plant)

施肥水平 fertilization level	氮肥 nitrogen fertilizer	磷肥 phosphorus fertilizer	钾肥 potassium fertilizer
1	6 472	7 404.7	6 479.5
2	7 185.3	6 580.8	6 887.8
3	6 938.6	6 610.5	7 228.6

3 结论

氮、磷、钾肥料的配合施用,磷肥对核桃产量的影响最大,钾肥次之,氮肥影响最小。

氮、磷、钾 3 种肥料配合施用的不同处理对核桃产量有很大的影响,矿子黄壤立地上,核桃适宜的年施肥量为尿素 1 200 g · 株⁻¹ + 过磷酸钙 1 500 g · 株⁻¹ + 硫酸钾 940 g · 株⁻¹。

参考文献:

- [1] 汪卫祥. 四川核桃生产现状及产业化发展建议[J]. 中国园艺文摘, 2015, (4): 60-62.
- [2] 李彦慧, 李保国, 郭素萍, 等. 早实核桃幼树施肥效果研究[J]. 河北农业大学学报, 2006, 29(1): 9-11.
- [3] 裴东, 李容海, 刘兆发, 等. 麻核桃资源保护与开发利用研究[J]. 林业资源管理, 2006, (4): 66-69.
- [4] 王磊, 李霞, 杨辽, 等. 新疆野核桃种质资源数量分类研究[J]. 北方园艺, 1998, (1): 3-5.
- [5] 曾斌. 新疆野生核桃资源的现状与发展[J]. 北方果树, 2005, (4): 1-3.
- [6] 张雨, 董润泉, 习学良. 云南核桃种质资源现状及开发利用[J]. 西北林学院学报, 2004, 19(2): 38-40.
- [7] 王红霞, 张志华, 玄立春. 我国核桃种质资源及育种研究进展[J]. 河北林果研究, 2007, 22(4): 387-391.
- [8] 奚声珂. 我国胡桃属种质资源与核桃育种[J]. 林业科学, 1987, 23(3): 342-349.

- [9] 有样亮,邢世岩,张友朋.等.核桃抗病育种研究进展[J].山东林业科技,2001(6):35-36.
- [10] 白仲奎.河北省核桃新品种选育决选研究[J].河北果树,2000(4):14-16.
- [11] 冯连芬,吕芳德,张亚萍,等.我国核桃育种及其栽培技术研究进展[J].经济林研究,2006,24(2):69-73.
- [12] 张清浩,刘同辉,李红杰,等.核桃嫩枝扦插育苗技术[J].河南林业科技,2009,29(2):101-102.
- [13] 付达荣.川西高海拔地区核桃良种繁育技术研究[J].林业科技通讯,2000,(1):28-29.
- [14] 陈雷,庄严.薄壳山核桃良种繁育技术[J].山西果树,2015,(6):31-33,42.
- [15] 胡继周,马朝阳.核桃优质苗木培育技术研究[J].林业科技开发,2002,16(5):47-49.
- [16] 吴利军,马朝阳,胡继周.核桃双刃刀方块芽接技术探究[J].甘肃农业,2006,(12):42.
- [17] 傅松玲,吴照柏.美国山核桃嫁接与栽培技术研究[J].经济林研究,2011,19(4):11-13.
- [18] 王根宪.核桃暖气温室嫁接技术研究[J].河北果树,1997,(3):30-31.
- [19] 杨华廷.核桃大树高接改劣换优技术[J].山西果树,1994,(1):22-24.
- [20] 奚声珂.核桃嫩枝嫁接技术的研究[J].林业科学研究,1992,5(5):531-535.
- [21] 张丽仙,付文.核桃整形修剪中存在的问题及对策[J].林业调查规划,2017,42(4):119-122.
- [22] 杨源.核桃丰产栽培技术[M].昆明:云南科技出版社,2008:35.
- [23] 林向群,黄佳聪,熊健.核桃提质增效技术实证研究[J].林业调查规划,2016,41(5):55-59.
- [24] 于菊梅,张建廷.核桃丰产栽培技术[J].中国林副特产,2011,(4):50-51.
- [25] 滕康利,金锡凤,杨兴华.核桃树的主要器官养分周年动态[J].山东农业科学,1996,(5):23-26.
- [26] 盖素芬,赵宝军,郑庆田.早实核桃不同生育期主要器官氮、磷、钾含量变化规律及特征[J].经济林研究,2002,20(2):63-66.
- [27] 赵明范.核桃叶片N、P、K元素营养诊断指标的研究[J].林业科学,1991,27(6):625-657.
- [28] 宫永红,盖素芬,赵宝军,等.核桃叶片中氮、磷、钾含量及年动态变化规律研究[J].辽宁林业科技,2002,(6):9-10,21.
- [29] 姬生锋,胡娃娃,刘文瑞,等.核桃主要病虫害综合防治技术[J].陕西林业科技,2004,(4):68-69.
- [30] 杨文衡,张建光.二十年来核桃科研的进展[J].河北农业大学学报,1983,6(3):33-44.
- [31] 中南林学院主编.经济林栽培学(第2版)[M].北京:中国林业出版社,1989.
- [32] 马婷,陈宏伟,熊新武,等.不同施肥处理对美国山核桃嫁接苗生长的影响[J].安徽农业科学,2012,40(02):871-872,971.
- [33] 李昌伟,连兆煌.农业化学研究法[M].北京:农业出版社,1980.
- [34] 河北农业大学主编.果树栽培学各论(北方本)(第2版)[M].北京:中国农业出版社,1994.
- [35] 闵安民,王宇,费楠.不同龄期及不同长势核桃的养分特征[J].经济林研究,2007,25(1):30-33.
- [36] 陈虹,董玉芝,朱小虎,等.新疆早实核桃品种测土配方施肥肥效试验初报[J].新疆农业科学,2010,47(8):1584-1589.

~~~~~

(上接第17页)

- [16] 尹坚贵,罗庆熙,王景东,等.番茄耐热性鉴定方法研究[J].西南农业学报,2001,14(2):62-65.
- [17] 王志会,夏新莉.我国柠条抗旱性研究现状[J].河北林果研究,2006,21(4):388-391.
- [18] Price A H, Hendry G A F. Iron catalyzed oxygen radical formation and its possible contribution to drought damage in nine native grasses and three cereals[J]. Plant Cell Environ. 1999, 14:477-481.
- [19] Ma C C, Gao Y B, Guo H Y, et al. Photosynthesis, transpiration, and water use efficiency of *Caragana microphylla*, *C. intermedia*, and *C. korshinskii*[J]. Photosynthetica, 2004, 42(1):65-70.
- [20] 夏新莉,郑彩霞,尹伟伦.土壤干旱对樟子松针叶膜脂过氧化膜脂成分和乙烯释放的影响[J].林业科学,2000,36(3):8-12.
- [21] 龚吉蕊,赵爱芬,张立新,张新时.干旱胁迫下几种荒漠植物抗氧化能力的比较研究[J].西北植物学报,2004,37(6):520-522.
- [22] 克雷默.植物的水分关系[M].许旭旦等译.北京:科学出版社,1989,461-481.
- [23] 张庆峰,徐胜,李建龙.高温胁迫下高羊茅生理生化特性研究[J].草业科学,2006,23(4):26-28.
- [24] 杨九艳,杨劼.5种锦鸡儿属植物渗透调节物质的变化[J].内蒙古大学学报(自然科学版),2005,36(6):677-682.
- [25] Turner N C. Concurrent comparisons of stomatal behavior, water status, and evaporation of maize in soil at high or low water potential[J]. Plant Physiology, 1975, 55(5):932-936.
- [26] 王娟,李德全.逆境条件下植物体内渗透调节物质的积累与活性氧代谢[J].植物学通报,2001,18(4):459-465.