

吴玉香,王汉琪,沈少炎,等. 不同施肥方案对太子参活性成分的影响[J]. 江苏农业科学,2017,45(6):140-143.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.06.036

不同施肥方案对太子参活性成分的影响

吴玉香¹, 王汉琪², 沈少炎¹, 连彦¹, 龙智慧¹, 何天友², 荣俊冬², 郑郁善²

(1. 福建农林大学园林学院, 福建福州 350002; 2. 福建农林大学工业原料林研究所, 福建福州 350002)

摘要:有研究显示,太子参对施肥较为敏感,为提高太子参产量及质量,以福建省柘荣县太子参为材料,通多对太子参栽培中设计氮磷钾3种肥料不同的施肥配比,研究不同施肥方式对太子参活性成分的影响。结果表明:灰分、多糖、皂苷含量的高低与氮磷钾的施肥量有关,与水分含量无关;氮磷钾在2水平(155 kg/hm² 氮,140 kg/hm² 磷,90 kg/hm² 钾)上产量达到最高值;氮、磷在1水平(0 kg/hm²)上水分含量最高,钾在3水平(180 kg/hm²)上水分含量最高;在灰分含量方面,氮在2水平上含量最高,磷、钾在3水平(280 kg/hm² 磷,180 kg/hm² 钾)上含量最高;在多糖含量方面,氮、磷在3水平上含量最高,钾在2水平上含量最高;在皂苷含量方面,各肥料在2水平上含量最高。建议施肥量为尿素 668~1 002 kg/hm², 钙镁磷肥 1 167~2 333 kg/hm², 硫酸钾 360 kg/hm²。

关键词:太子参;施肥方式;活性成分;“3414”施肥试验

中图分类号: S567.5⁺30.6 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)06-0140-04

太子参为石竹科植物孩儿参 [*Pseudostellaria heterophylla* (Miq.) Pax ex Pax et Hoffm.] 的干燥块根,具有益气、健脾生津、润肺、补肾等功效^[1]。对太子参中化学成分较为系统的研究是在20世纪90年代,太子参主要含有糖类、苷类、环肽、氨基酸、微量元素、挥发油、磷脂、脂肪酸、油脂、甾醇^[2]等几大类。太子参多糖、总皂苷对小鼠非特异性免疫有促进作用,具有抗疲劳、抗应激和增强机体免疫力的作用^[3-8]。太子参提取物均具有清除超氧自由基^[9]、延缓肾小球硬化的作用^[10],太子参多糖能减轻胰腺病理组织学变化^[11],具有显著的抗脂质氧化、抗衰老作用^[12]。据药理学分析,太子参块根含有的多糖、皂苷、微量元素等有效成分,能够治疗或缓解慢性胃炎、胃下垂、神经衰弱、肺气肿、肺结核、慢性支气管炎等多种疾病或现象。因其药性和缓,深受临床医生和养生行家喜爱^[13]。另外,由于太子参富含多种氨基酸、微量元素,正是人体所必需的,有益于滋养头发与皮肤,所以近年来太子参也更多地被应用到化妆品行业,成为头发、皮肤化妆品理想的营养添加剂^[14]。

研究施用有机肥对太子参产量的影响显示,太子参对肥料较为敏感,施肥太多时有减产的趋势^[15]。太子参本身根系发达,植株矮小,需肥量不高,追肥过多会导致叶片过绿,含水量高,抵抗力差,出现伤根缺苗现象。在对太子参施肥设计研究中,伍中兴采用“3414”不完全施肥设计研究不同氮钾量对太子参生育期(开花期、枯萎期)、经济性状(分枝数、根茎粗、根茎数、根茎质量)和产量的影响显示,不同施肥量对太子参生育期的影响较小;施肥处理的太子参经济性状优于CK;最

优的施肥组合为氮肥 120 kg/hm², 磷肥 150 kg/hm², 钾肥 180 kg/hm², 该组较其他处理组增产 4.74%~44.20%^[16]。王忠平等同样应用“3414”施肥设计原理研究施肥对太子参产量的影响,结果显示,3个施肥要素对太子参产量的影响从大到小依次为氮>磷>钾,考虑实际生产因素,最佳的施肥比例为 N 75 kg/hm², P₂O₅ 90 kg/hm², K₂O 120 kg/hm²^[17]。

施用尿素短期内可以使土壤 pH 值上升到最大值,然后下降^[18],这是因为尿素在土壤尿素酶作用1周左右就能转化成铵态氮,因此尿素从植物利用上仍属于铵态氮,或者说被看作铵态氮。铵态化肥在硝化过程中会产生 H⁺ 使土壤变酸,而钙镁磷肥属于碱性肥料,施用后可使土壤 pH 值上升^[19]。

近几十年来,太子参有过几次价格上涨波动,最近的一次巨幅上涨是从2009年下半年到2011年上半年,太子参的价格一路上涨,这期间价格涨幅达12.78倍^[20]。随着对太子参药效的进一步开发利用,使得其需求旺盛,导致太子参的需求量大幅增加,如何有效地提高太子参的产量、保证太子参的质量已经成为太子参种植过程中的重要问题。本试验主要通过太子参栽培中设计氮磷钾3种肥料不同的施肥配比,研究施肥对太子参产量、质量的影响。

1 材料与与方法

1.1 试验材料

试验所用太子参来自福建柘荣闽东力捷迅药业有限公司英山乡太子参种植基地,种参为上一年度的自留种参。

1.2 试验方法

试验中每个处理设置1个小区,每个小区设置3个重复,每个重复面积为1 m×3 m。试验小区编号为D1~D14,采用“3414”施肥设计原理,采用氮、磷、钾3个因素,4个水平,14个处理(表1)。为确保施肥的精确性与均匀性,均施用化学肥料。本试验所施用的化肥为尿素(含N 46.4%)、钙镁磷肥(含P₂O₅ 12%)、硫酸钾(含K₂O 50%),其中钙镁磷肥作为基肥一次性施用,尿素、硫酸钾80%作为基肥,其余用于追肥。

收稿日期:2016-05-27

基金项目:“十二五”国家科技支撑计划(编号:2011BAI01B06);福建省科技创新平台项目(编号:2008Y2001)。

作者简介:吴玉香(1991—),女,福建三明人,硕士研究生,从事园林植物与观赏园艺研究。E-mail:1434066237@qq.com。

通信作者:郑郁善,教授,博士生导师,从事森林培育学研究。

E-mail:zys1960@163.com。

尿素、硫酸钾和钙镁磷肥在作基肥施用时要间隔一段时间,具体施肥量见表2。太子参采用传统单沟双排密植,样品于

20140709收获,60℃烘干,粉碎,分别测定含水量、灰分、多糖、皂苷和微量元素含量。

表1 太子参“3414”施肥设计

处理编号	组合代号	设计量(kg/hm ²)			施肥量(kg/hm ²)		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	尿素	钙镁磷肥	硫酸钾
D ₁	N ₀ P ₀ K ₀	0	0	0	0	0	0
D ₂	N ₀ P ₂ K ₂	0	280	180	0	2 333	360
D ₃	N ₁ P ₂ K ₂	155	280	180	334	2 333	360
D ₄	N ₂ P ₀ K ₂	310	0	180	668	0	360
D ₅	N ₂ P ₁ K ₂	310	140	180	668	1 167	360
D ₆	N ₂ P ₂ K ₂	310	280	180	668	2 333	360
D ₇	N ₂ P ₃ K ₂	310	420	180	668	3 500	360
D ₈	N ₂ P ₂ K ₀	310	280	0	668	2 333	0
D ₉	N ₂ P ₂ K ₁	310	280	90	668	2 333	180
D ₁₀	N ₂ P ₂ K ₃	310	280	270	668	2 333	540
D ₁₁	N ₃ P ₂ K ₂	465	280	180	1 002	2 333	360
D ₁₂	N ₁ P ₁ K ₂	155	140	180	334	1 167	360
D ₁₃	N ₁ P ₂ K ₁	155	280	90	334	2 333	180
D ₁₄	N ₂ P ₁ K ₁	310	140	90	668	1 167	180

太子参活性成分质量控制中,水分含量的测定采用烘干法,灰分含量的测定采用灼烧法,多糖含量的测定采用苯酚-硫酸比色法;皂苷含量以人参皂苷为衡量指标用香草醛冰乙酸-高氯酸比色法测定。

1.3 数据处理

数据采用SPSS 20.0、Excel 2003 软件进行处理和统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同施肥水平对太子参成分的影响

植物在生长过程中需要一定的养分,土壤养分情况决定着植物的生长和发育。在栽培过程中,通过使用有机肥或者

化学肥料,可以达到增产增收的作用。由表2可知,各处理产量排序为D₆>D₇>D₉>D₃>D₅>D₁₄>D₁₃>D₁₂>D₁₀>D₈>D₁₁>D₂>D₄>D₁,其中D₆组为D₁组的1.28倍;水分含量排序为D₁₃>D₁₂>D₃>D₁₀>D₅>D₉>D₁₄>D₁₁>D₆>D₇>D₄>D₁>D₈>D₂,其中D₁₃组为D₂组的1.08倍;灰分含量的排序为D₁₀>D₇>D₆>D₁₁>D₅>D₉>D₃>D₁₂>D₁₃>D₁₄>D₂>D₄>D₈>D₁,其中D₁₀组为D₁组的1.48倍;多糖含量排序为D₇>D₁₁>D₅>D₆>D₁₀>D₁₂>D₉>D₁₄>D₃>D₁₃>D₄>D₈>D₂>D₁,其中D₇组为D₁组的1.43倍;皂苷含量排序为D₆>D₁₀>D₁₁>D₅>D₇>D₉>D₃>D₁₃>D₁₄>D₁₂>D₂>D₄>D₁>D₈,其中D₆组为D₈组的1.58倍。

表2 不同的施肥措施对太子参成分的影响

处理编号	产量均值(kg/hm ²)	水分含量(%)		灰分含量(%)		多糖含量(%)		皂苷含量(%)	
		均值	标准差	均值	标准差	均值	标准差	均值	标准差
D ₁	2 104.8	71.129	1.269 6	3.450	0.439 7	14.993	0.338 8	0.331	0.043 8
D ₂	2 302.9	69.455	0.169 1	3.798	0.509 7	15.152	0.349 1	0.351	0.071 6
D ₃	2 475.3	74.534	1.021 8	4.194	0.582 5	17.259	1.071 6	0.374	0.062 3
D ₄	2 254.1	71.710	0.220 4	3.623	0.388 0	16.601	0.798 0	0.340	0.039 2
D ₅	2 456.2	73.626	0.339 9	4.366	0.465 7	20.042	0.443 9	0.434	0.049 3
D ₆	2 688.9	72.535	1.207 3	4.536	0.597 6	19.163	0.442 0	0.491	0.088 0
D ₇	2 537.4	72.060	0.877 0	4.897	0.071 6	21.401	1.188 0	0.415	0.038 5
D ₈	2 349.7	70.904	0.180 0	3.600	0.329 8	15.688	0.440 4	0.310	0.060 2
D ₉	2 534.2	73.296	0.510 3	4.353	0.345 8	17.774	0.390 5	0.415	0.017 9
D ₁₀	2 366.9	74.379	0.531 5	5.112	0.376 4	18.302	0.633 1	0.470	0.047 7
D ₁₁	2 327.4	72.545	0.995 0	4.473	0.327 5	20.956	1.778 1	0.467	0.129 3
D ₁₂	2 372.8	74.652	0.367 5	4.013	0.495 1	17.886	2.016 4	0.363	0.055 4
D ₁₃	2 390.7	75.351	0.200 5	3.952	0.421 1	16.722	0.547 8	0.374	0.041 5
D ₁₄	2 438.0	72.740	0.230 1	3.948	0.290 7	17.412	1.001 8	0.363	0.054 9

2.2 不同施肥水平下太子参成分的多重比较

对施肥水平进行方差分析可知, $P_{水分}=0.585$, $P_{灰分}=0.007$, $P_{多糖}=0.000$, $P_{皂苷}=0.000$,即施肥水平下太子参水分含量差异不显著,灰分、多糖、皂苷含量差异极显著。由表3可知,对灰分、多糖、皂苷进行两两比较,其中灰分可分为3

类,但交叉部分较多;多糖可分为7类,交叉部分较多;皂苷可分为3类,交叉部分较多。可以看出,虽然试验组的整体差异是显著的,但各水平之间的差异并不明显。

2.3 氮磷钾施肥肥效比较

表4是对“3414”施肥设计的肥效比较结果,可见氮磷钾

表3 不同施肥水平下太子参成分的多重比较结果

处理编号	灰分含量	多糖含量	皂苷含量
D ₁	c	g	c
D ₂	abc	fg	bc
D ₃	abc	de	abc
D ₄	bc	defg	bc
D ₅	abc	ab	abc
D ₆	abc	bc	a
D ₇	abc	a	abc
D ₈	bc	efg	c
D ₉	abc	cd	abc
D ₁₀	abc	cd	a
D ₁₁	abc	a	a
D ₁₂	abc	cd	abc
D ₁₃	abc	def	abc
D ₁₄	abc	de	abc

注:同列处理对应的不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。

的2水平皆为本试验设计中的最佳施肥量,0水平为不施肥,1水平为2水平施用量的0.5倍,用于比较施肥不足情况下

植物的生长,3水平为2水平施用量的1.5倍,用于比较施肥过量情况下的植物生长。

在产量对比中发现,氮、磷、钾肥均在2水平上达到最大值,产量变化为先上升后下降。在水分含量对比中发现,氮肥在1水平上达到水分含量最大值,2水平、3水平的含量变化不大;磷肥在1水平上达到水分含量最大值,总体呈先上升后下降的趋势;钾肥在3水平上达到水分含量最大值,其含量变化呈先上升后下降最后上升的趋势。在灰分含量的对比中,氮在2水平时的含量最大,灰分含量先上升后下降;磷肥在3水平上灰分含量最大,灰分含量随着磷肥施用量的增加而升高;钾肥在3水平上灰分含量最大,灰分含量随着钾肥施用量的增加而升高。在多糖含量对比中,氮肥在3水平上多糖含量最高,多糖含量随着氮肥的增加而升高;磷肥在3水平上多糖含量最高,0.2水平上含量较低;钾肥在2水平上含量最高,呈先上升后下降的趋势。在皂苷含量的对比中,氮肥在2水平上多糖含量最高,皂苷含量呈先上升后下降的趋势;磷肥在2水平上多糖含量最高,皂苷含量呈先上升后下降的趋势;钾肥在2水平上含量最高,皂苷含量呈先上升后下降的趋势。

表4 氮磷钾施肥效用比较结果

营养元素	处理	组合代号	产量 (kg/hm ²)	水分含量 (%)	灰分含量 (%)	多糖含量 (%)	皂苷含量 (%)
氮	D ₂	N ₀ P ₂ K ₂	2 104.8	69.455	3.798	15.152	0.351
	D ₃	N ₁ P ₂ K ₂	2 302.9	74.534	4.194	17.259	0.374
	D ₆	N ₂ P ₂ K ₂	2 688.9	72.535	4.536	19.163	0.491
	D ₁₁	N ₃ P ₂ K ₂	2 327.4	72.545	4.473	20.956	0.467
磷	D ₄	N ₂ P ₀ K ₂	2 254.1	71.710	3.623	16.601	0.340
	D ₅	N ₂ P ₁ K ₂	2 456.2	73.626	4.366	20.042	0.434
	D ₆	N ₂ P ₂ K ₂	2 688.9	72.535	4.536	19.163	0.491
	D ₇	N ₂ P ₃ K ₂	2 537.4	72.060	4.897	21.401	0.415
钾	D ₈	N ₂ P ₂ K ₀	2 349.7	70.904	3.600	15.688	0.310
	D ₉	N ₂ P ₂ K ₁	2 534.2	73.296	4.353	17.774	0.415
	D ₆	N ₂ P ₂ K ₂	2 688.9	72.535	4.536	19.163	0.491
	D ₁₀	N ₂ P ₂ K ₃	2 366.9	74.379	5.112	18.302	0.470

由此可见,试验设计中的2水平最适宜是相对于产量而言的,即施肥量在2水平上达到产量最高;对于水分含量而言,氮、磷肥在1水平上含量最高,钾肥在3水平时含量最高;对于灰分含量,氮肥在2水平时含量最高,磷、钾肥在3水平时含量最高;对于多糖含量,氮、磷肥在3水平时含量最高,钾肥在2水平时含量最高;在皂苷含量方面,各肥料在2水平时含量最高。由表3可知,施肥对太子参的产量、活性成分是有影响的。对比各成分的提升,化学肥料对多糖和皂苷的影响较大,其次为灰分、产量,对水分的影响较小。

2.4 氮磷钾与太子参有效成分的相关分析

由表5可知,氮肥施用量与皂苷、多糖、灰分含量极显著相关,与水分含量不相关;磷肥施用量与皂苷含量显著相关,与多糖、灰分含量极显著相关,即磷肥施用量与多糖、灰分的相关性高于磷肥与皂苷的相关性,磷肥施用量与水分含量不相关;钾肥施用量与皂苷、多糖、灰分含量极显著相关,与水分含量不相关。

对于太子参活性成分而言,施肥与水分含量不相关;在皂苷含量方面,氮、钾肥施用量的相关性高于磷肥;多糖含量与氮磷钾肥施用量均极显著相关;灰分含量与氮磷钾肥施用量

也是极显著相关。

3 结论与讨论

化肥,特别是施用硝化过程中产生H⁺离子的铵态氮肥会对土壤pH值产生影响,使用化肥改变土壤理化性质的过程中,对植物的生长会生影响。在植物生长过程中,氮磷钾是其生长必需的元素。氮肥能促使叶绿素产生,促进光合作用,但过量会导致植物枝叶徒长;磷肥能够促进植物根系的生长,提高植物的抗性,还能促进植物提早成熟;钾肥能促进植物开花结果、茎叶的生长,还能促进糖类、淀粉的生成。

红壤的磷元素含量很低,而且其中的有效磷更是缺乏,因此在红壤上施用磷肥的效果十分显著。一般磷肥的当季利用率只有10%~25%,较氮肥、钾肥的利用率低很多,主要是因为磷在土壤中容易被固定。在酸性土壤中,磷易形成磷酸铁铝沉淀;在碱性土壤中,磷易形成难溶的磷酸钙盐,以pH值5.5~7.0为宜,实际上避免6.5以上。钙镁磷肥为微碱性肥料,不溶于水,却能溶于弱酸中,因此在红壤上施用钙镁磷肥有助于提高磷肥的有效性。红壤的另一个特点就是氮元素的缺乏,磷肥、氮肥一起施用,不仅能满足植物对养分的需求,而

表5 氮磷钾与太子参有效成分的相关分析结果

指标	类别	N	P ₂ O ₅	K ₂ SO ₄	皂苷含量	多糖含量	灰分含量	水分含量
N	Pearson 相关性	1.000	0.258 *	0.258 *	0.388 **	0.643 **	0.396 **	0.104
	显著性(双侧)		0.031	0.031	0.001	0.000	0.009	0.511
P ₂ O ₅	Pearson 相关性	0.258 *	1.000	0.258 *	0.300 *	0.400 **	0.481 **	0.061
	显著性(双侧)	0.031		0.031	0.012	0.001	0.001	0.703
K ₂ SO ₄	Pearson 相关性	0.258 *	0.258 *	1.000	0.437 **	0.488 **	0.528 **	0.166
	显著性(双侧)	0.031	0.031		0.000	0.000	0.000	0.293
皂苷含量	Pearson 相关性	0.388 **	0.300 *	0.437 **	1.000	0.581 **	0.553 **	0.193
	显著性(双侧)	0.001	0.012	0.000		0.000	0.000	0.221
多糖含量	Pearson 相关性	0.643 **	0.400 **	0.488 **	0.581 **	1.000	0.620 **	0.157
	显著性(双侧)	0.000	0.001	0.000	0.000		0.000	0.319
灰分含量	Pearson 相关性	0.396 **	0.481 **	0.528 **	0.553 **	0.620 **	1.000	0.216
	显著性(双侧)	0.009	0.001	0.000	0.000	0.000		0.170
水分含量	Pearson 相关性	0.104	0.061	0.166	0.193	0.157	0.216	1.000
	显著性(双侧)	0.511	0.703	0.293	0.221	0.319	0.170	

注：“*”“**”分别表示在0.05、0.01水平(双侧)上显著相关。

且还能促进磷肥的有效性^[21]。试验证明,施用氮肥可以增加植物对磷肥的吸收和利用;施用磷肥能使植物茎叶生长繁殖,提高光合作用,增加植物地上部分生物量,增加对磷的需求量,使根系迅速、大量吸收土壤中的磷。而根系表面、根际土壤间的浓度梯度,使远离根的磷酸离子更快向根部扩散,促进根系对磷的吸收^[22]。本试验相关分析显示,氮肥施用量与皂苷、多糖、灰分含量极显著相关,与水分含量不相关;磷肥施用量与皂苷含量显著相关,与多糖、灰分含量极显著相关,与水分不相关;钾肥施用量与皂苷、多糖、灰分含量极显著相关,与水分含量不相关。本试验中3种化肥的施肥量在2水平上达到产量最高值;对于水分含量而言,氮、磷肥是在1水平上水分含量最高,钾肥在3水平上水分含量最高;在灰分含量方面,氮肥在2水平上灰分含量最高,磷、钾肥在3水平上灰分含量最高;在多糖含量方面,氮、磷肥在3水平上多糖含量最高,钾肥在2水平上多糖含量最高;在皂苷含量方面,各肥料在2水平上皂苷含量最高。因此,根据本研究结果,建议太子参施肥量为尿素 668 ~ 1 002 kg/hm²、钙镁磷肥 1 167 ~ 2 333 kg/hm²、硫酸钾 360 kg/hm²。

参考文献:

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典[M]. 北京:化学工业出版社,2009:62-63.
- [2] 晏春耕. 药用植物太子参的研究及其应用[J]. 现代中药研究与实践,2008,22(2):61-65.
- [3] 刘训红,陈彬,王玉玺. 太子参总皂苷药理作用的初步研究[J]. 药学与临床研究,2000,8(3):6-8.
- [4] 刘训红,陈彬,王玉玺. 太子参多糖抗应激和免疫增强作用的实验研究[J]. 江苏中医药,2000,21(10):51-52.
- [5] 龚祝南,戴岳,马辉,等. 8个不同产地太子参对脾虚及免疫功能的影响[J]. 中药材,2001,24(4):281-282.
- [6] 高月娟,孟妍,张艳丽. 太子参抗应激作用的实验研究[J]. 齐齐哈尔医学院学报,2011,32(12):1886-1887.
- [7] 蔡晶,李孝栋,陈旭征,等. 太子参多糖粗提物对小鼠免疫功能

- 的影响[J]. 福建中医学院学报,2005,15(3):33-35.
- [8] 秦汝兰. 太子参多糖的提取及抗疲劳作用的研究[J]. 人参研究,2010,22(3):18-19.
- [9] 余国奠,刘峻,陈喻,等. 6个不同产地的太子参对超氧自由基清除作用的研究[J]. 中国野生植物资源,2000(4):7-8.
- [10] 杨冠琦,张君,丁晓欢,等. 黄芪、太子参对大鼠肾小球系膜细胞 MMP-2 及 TIMP-2-mRNA 表达的影响[J]. 中国中西医结合肾病杂志,2011,12(8):673-675.
- [11] 徐先祥,黄玉香,夏伦祝,等. 太子参多糖对糖尿病小鼠抗氧化能力与胰腺病理的影响[J]. 食品工业科技,2012,33(24):392-393.
- [12] 王军红. 太子参抗脂质氧化作用的研究[J]. 中国医药指南,2013(22):83-84.
- [13] 张婕,于华生,游勇基. 柘荣太子参的食用和药用价值[J]. 海峡药学,2011,23(5):48-50.
- [14] 许榕生. 太子参在化妆品中的应用[J]. 化妆品原料,1995(5):28.
- [15] 向天祥. 不同移栽期与不同有机肥施肥水平对太子参产量的影响[J]. 农技服务,2008,25(10):126-127.
- [16] 伍中兴. 中药材太子参氮钾肥料应用初探[J]. 园艺与种苗,2011(2):55-57.
- [17] 王忠平,陈建祥,左群,等. 太子参“3414”肥效试验研究[J]. 安徽农业科学,2012(36):17538-17540,17542.
- [18] 蒋朝晖,曾清如,方至,等. 不同温度下施入尿素后土壤短期内 pH 的变化和氨气释放特性[J]. 土壤通报,2004,35(3):299-302.
- [19] 曹志洪,李庆逵. 磷肥肥粒对周围微域土壤 pH 的影响[J]. 土壤学报,1987(3):226-231.
- [20] 郑平. 太子参行情探析[J]. 中国现代中药,2011,13(8):57-58.
- [21] 桑以琳. 土壤学与农作学[M]. 北京:中国农业出版社,2005:26-27.
- [22] 杨志福,王景宏,钱正. 肥料施用二百题[M]. 北京:中国农业出版社,2002:54-55.