

蒜头果种苗质量分级标准研究

李玲¹, 杨清松¹, 陈定², 彭翠仙¹, 孙宏伟¹, 赵大伟¹, 陶永宏¹(¹文山州农业科学院, 云南文山 663000; ²文山学院, 云南文山 663000)

摘要: 研究制定符合生产实际的蒜头果种苗质量分级标准, 为蒜头果种苗繁育和规范化生产提供参考。在蒜头果主要产区云南省富宁县随机选取移栽前的20批次蒜头果种苗, 测量鲜重、株高、叶片数、叶长、叶宽、地径、主根长、主根根粗、侧根数、叶绿素含量、氮含量11个指标, 采用主成分分析和K值聚类分析对数据进行分析, 并结合生产实际, 确定蒜头果种苗分级标准。确定株高、主根长、地径作为蒜头果种苗分级标准, 将蒜头果种苗划分为3级。Ⅰ级种苗株高 ≥ 33.33 cm、主根长 ≥ 8.00 cm、地径 ≥ 0.23 mm, Ⅱ级种苗 33.33 cm $>$ 株高 ≥ 27.77 cm、 8.00 cm $>$ 主根长 ≥ 7.90 cm、 0.23 mm $>$ 地径 ≥ 0.21 mm, Ⅲ级种苗 27.77 cm $>$ 株高 ≥ 21.29 cm、 7.90 cm $>$ 主根长 ≥ 6.41 cm、 0.21 mm $>$ 地径 ≥ 0.19 mm。本研究制定的蒜头果种苗质量标准符合生产实际, 可为蒜头果种苗生产提供理论依据。

关键词: 蒜头果; 种苗; 质量分级标准; 主成分分析; 聚类分析

中图分类号: S723.4

文献标志码: A

论文编号: cjas2023-0038

Quality Grading Standard of *Malania oleifera* SeedlingsLI Ling¹, YANG Qingsong¹, CHEN Ding², PENG Cuixian¹,SUN Hongwei¹, ZHAO Dawei¹, TAO Yonghong¹(¹Wenshan Academy of Agricultural Sciences, Wenshan 663000, Yunnan, China;²Wenshan University, Wenshan 663000, Yunnan, China)

Abstract: Quality grading standards for *Malania oleifera* seedlings in line with the actual production needs is formulated, which can provide reference for *M. oleifera* seedling breeding and standardized production. 20 batches of *M. oleifera* seedlings were randomly selected from the main production area of *M. oleifera* in Funing County, Yunnan Province. 11 indicators were measured, including fresh weight, plant height, leaf number, leaf length, leaf width, ground diameter, main root length, main root diameter, lateral root number, chlorophyll content, and nitrogen content. The data were analyzed by using principal component and K-value clustering analysis, and then combined with actual production to determine the grading standards of *M. oleifera* seedlings. *M. oleifera* seedlings were divided into three levels with determining plant height, main root length, and ground diameter as the grading standards. Grade I seedlings: plant height ≥ 33.33 cm, main root length ≥ 8.00 cm, ground diameter ≥ 0.23 mm; Grade II seedlings: 33.33 cm $>$ plant height ≥ 27.77 cm, 8.00 cm $>$ main root length ≥ 7.90 cm, 0.23 mm $>$ ground diameter ≥ 0.21 mm; Grade III seedlings: 27.77 cm $>$ plant height ≥ 21.29 cm, 7.90 cm $>$ main root length ≥ 6.41 cm, 0.21 mm $>$ ground diameter ≥ 0.19 mm. In this study, the formulation of quality standards for seedlings is coincident with actual production and can provide a theoretical basis for the production of *M. oleifera* seedlings.

Keywords: *Malania oleifera*; seedlings; quality grading standard; principal component analysis; cluster analysis

基金项目: 云南省科技计划项目“中青年学术和技术带头人后备人才项目陶永宏”(202105AC160003); 文山州七乡学者项目“蒜头果神经酸资源可持续利用研究”(WS-QXXZ0011)。

第一作者简介: 李玲, 女, 1983年出生, 云南开远人, 高级农艺师, 硕士, 研究方向: 中药资源收集与利用研究。通信地址: 663000 云南省文山州文山泰康西路2号, E-mail: 287694310@qq.com。

通信作者: 陶永宏, 男, 1983年出生, 云南泸西人, 正高级农艺师, 博士, 研究方向: 中药资源收集与利用研究。通信地址: 663000 云南省文山州文山泰康西路2号, E-mail: 108191221@qq.com。

收稿日期: 2023-02-21, **修回日期:** 2023-06-28。

0 引言

蒜头果(*Malania oleifera*)是铁青树科马兰木属植物,又称马兰木、马兰果、麦厚、山桐果、猴子果等,是中国特有的单种属国家二级濒危保护常绿乔木,仅自然分布于云南东南部和广西西部的狭窄地带^[1],种仁含油量高达64.5%,种油中含有高达55.7%~67%的二十四碳-15-烯酸,也称为神经酸^[2-4]。神经酸是目前所发现的唯一能够促进神经组织修复和再生的物质,可以提高髓磷脂合成和控制炎症,能够治疗包括视神经脊髓炎症、脱髓鞘疾病、多重硬化症、上腺髓质萎缩症、急性弥漫性脑脊髓炎症等疾病^[5-10],也是合成高价值麝香酮所需的廉价理想原料。神经酸过去主要是依靠捕杀鲨鱼获得,资源十分有限,成本高昂^[11]。随着国际社会对鲨鱼的禁捕,神经酸的来源已然陷入了困境,从植物油中发掘神经酸已经引起了各国政府和科学家的重视。国内外研究发现,银扇草、碎米荠、蒜头果、色木槭、鸡爪槭、元宝枫等植物的油脂成分中,神经酸含量均较高,其中,蒜头果是迄今发现含神经酸含量最高的木本植物^[2-4]。

种子繁殖是蒜头果繁殖的主要方式,但是在自然状态下,蒜头果种子很容易遭到动物的啃食,其自然繁殖率很低。当前,蒜头果主要通过人工育苗移栽进行繁殖,种苗的质量直接影响蒜头果的生长,还没有蒜头果种苗质量标准以及相关报告,本研究通过对主产区蒜头果种苗生长情况进行调研、取样,采用主成分分析和聚类分析法对蒜头果种苗进行质量分级标准的研究,以期为蒜头果种苗规范化、规模化生产提供保障,为制定蒜头果种苗标准提供理论指导。

1 材料与方法

1.1 试验材料

蒜头果种苗取自富宁县木都建敏保护和发展专业合作社蒜头果种苗繁育基地,位于云南省文山州富宁县板仑乡木都村(东经105°73'53'、北纬23°65'81'),海拔845.5 m。选取移栽前20批次的蒜头果种苗,每个批次随机选取60株,种苗经陶永宏鉴定为蒜头果种苗。

1.2 试验方法

随机选取不同批次蒜头果种苗,测量鲜重、株高、叶片数、叶长、叶宽、地径、主根长、主根根粗、侧根数、叶绿素含量、氮含量11个指标。选取单株长势基本一致的叶片测量叶长、叶宽;用游标卡尺测量地上部分1 cm处的茎杆粗记为地径;用游标卡尺测量与茎杆相连的主根直径记为主根根粗;用手持叶绿素仪在每株叶片上随机测量3次,取平均值作为该植株最终叶片叶绿素含量值、氮含量值。试验数据统一利用Excel 2010软件和SPSS 17.0软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 蒜头果种苗质量指标

对20个批次的蒜头果种苗进行测定(表1),并对种苗质量指标进行描述性统计分析(表2)。结果表明,蒜头果种苗鲜重0.34~1.15 g,株高13.40~42.00 cm,叶片数4~16片,叶长5.20~13.60 cm,叶宽3.20~5.80 cm,地径0.11~0.32 mm,主根长2.30~17.10 cm,主根根粗0.15~0.59 mm,侧根数3~14个,叶绿素含量36.20~61.80 SPAD,氮含量11.40~19.10 mg/g。蒜头果种苗以主根长变异系数最大(33.16%),氮含量变异系数最小(9.74%),变异系数由大到小依次为主根长>侧根数>

表1 20批次蒜头果种苗各质量指标测定(n=60)

批次	鲜重/g	株高/cm	叶片数/个	叶长/cm	叶宽/cm	地径/mm
1	0.718±0.198	29.950±5.002	12±2.330	11.413±0.933	4.438±0.540	0.205±0.026
2	0.794±0.182	31.263±3.373	12±1.847	10.450±0.840	4.625±0.477	0.224±0.059
3	0.890±0.174	33.325±4.281	12±1.808	11.363±0.980	4.775±0.373	0.242±0.040
4	0.766±0.135	31.713±3.074	10±2.376	11.138±0.534	4.688±0.248	0.228±0.032
5	0.726±0.110	28.450±5.334	10±3.162	10.713±1.352	4.663±0.585	0.234±0.040
6	0.725±0.110	30.975±5.143	10±2.435	11.438±1.330	4.638±0.585	0.228±0.036
7	0.754±0.204	31.044±5.044	10±2.333	10.089±1.622	4.456±0.422	0.210±0.029
8	0.678±0.168	26.500±4.900	9±1.394	9.811±0.874	4.489±0.352	0.195±0.034
9	0.537±0.192	21.711±7.298	9±1.054	10.133±1.291	4.044±0.737	0.201±0.025
10	0.766±0.222	28.578±5.757	10±2.062	10.778±0.938	4.467±0.534	0.214±0.032
11	0.751±0.167	29.488±4.989	8±1.923	10.988±1.331	4.613±0.356	0.218±0.044
12	0.688±0.206	29.922±5.284	11±1.753	9.900±1.296	4.478±0.466	0.211±0.043
13	0.632±0.138	26.067±3.352	9±1.616	9.867±1.395	4.456±0.500	0.198±0.012

续表 1

批次	鲜重/g	株高/cm	叶片数/个	叶长/cm	叶宽/cm	地径/mm
14	0.720±0.149	28.688±3.993	9±2.997	10.863±1.855	4.875±0.396	0.201±0.017
15	0.626±0.105	28.113±2.645	9±2.417	10.000±1.038	4.413±0.402	0.197±0.022
16	0.777±0.144	30.078±2.151	8±2.333	10.378±1.859	4.667±0.477	0.224±0.031
17	0.760±0.238	29.688±4.464	9±2.138	9.625±2.275 ^{bc}	4.688±0.629	0.232±0.054
18	0.719±0.199	29.100±3.195	8±2.028	10.200±1.598	4.467±0.682	0.209±0.033
19	0.739±0.129	28.467±3.878	10±2.603	9.800±1.635	4.367±0.495	0.207±0.036
20	0.698±0.128	28.488±3.681	9±1.069	9.638±0.941	4.525±0.545	0.222±0.040

批次	主根长/cm	主根根粗/mm	侧根数/个	叶绿素含量/SPAD	氮含量/(mg/g)
1	8.150±1.416	0.390±0.071	10±3.207	45.936±4.327	14.223±1.389
2	8.575±2.148	0.411±0.082	8±1.512	47.111±3.480	14.659±1.055
3	10.388±3.047	0.376±0.055	7±1.553	44.580±4.712	13.900±1.433
4	8.975±2.095	0.450±0.043	8±1.408	45.775±4.175	14.279±1.252
5	7.363±3.087	0.460±0.039	7±2.26	49.059±6.084	15.276±1.842
6	7.938±1.626	0.408±0.059	6±2.121	50.029±6.043	15.549±1.805
7	8.756±2.158	0.389±0.111	9±2.386	49.772±4.123	15.441±1.265
8	7.000±2.254	0.420±0.078	7±1.900	47.597±5.478	14.822±1.638
9	5.956±2.280	0.332±0.036	6±2.236	52.071±4.809	16.159±1.441
10	6.733±1.899	0.422±0.065	7±1.965	50.726±1.858	15.797±0.518
11	8.313±2.198	0.384±0.057	8±2.264	50.953±4.241	15.845±1.244
12	9.156±3.405	0.353±0.053	8±2.421	48.014±5.902	15.293±1.566
13	7.144±2.925	0.380±0.105	7±1.900	45.890±3.092	14.381±1.012
14	8.263±2.667	0.371±0.057	8±3.292	50.748±5.647	15.773±1.693
15	7.925±2.330	0.354±0.056	8±2.726	48.096±4.491	14.976±1.344
16	8.300±2.119	0.432±0.065	10±2.000	48.799±3.321	15.163±0.976
17	5.363±1.705	0.468±0.088	7±2.696	50.755±5.304	15.776±1.589
18	5.522±2.446	0.444±0.039	8±3.154	53.886±5.255	16.601±1.547
19	6.978±2.631	0.398±0.087	8±2.906	45.996±4.312	14.343±1.298
20	7.188±1.539	0.422±0.060	6±2.264	46.444±12.079	15.654±1.017

表 2 蒜头果种苗指标的描述统计量(n=1200)

项目	鲜重/g	株高/cm	叶片数/片	叶长/cm	叶宽/cm	地径/mm	主根长/cm	主根根粗/mm	侧根数/个	叶绿素含量/SPAD	氮含量/(mg/g)
极小值	0.34	13.40	4.00	5.20	3.20	0.11	2.30	0.15	3.00	36.20	11.40
极大值	1.15	42.00	16.00	13.60	5.80	0.32	17.10	0.59	14.00	61.80	19.10
均值	0.72	29.02	9.64	10.41	4.54	0.21	7.68	0.40	7.64	48.83	15.20
标准差	0.1752	4.8907	2.2782	1.4147	0.5069	0.0361	2.5457	0.0742	2.4821	4.9694	1.4808
变异系数/%	24.27	16.85	23.63	13.59	11.18	16.84	33.16	18.42	32.49	10.18	9.74

鲜重>叶片数>主根根粗>株高>地径>叶长>叶宽
>叶绿素含量>氮含量。

2.2 蒜头果种苗分级指标的确定

2.2.1 指标间相关性检验、KMO 和 Bartlett 球形度检验
对蒜头果种苗的各项质量指标(鲜重、株高、叶片数、

叶长、叶宽、地径、主根长、主根根粗、侧根数、叶绿素含量、氮含量)采用描述性统计,计算其相关系数,从相关系数的矩阵(表 3)可以看出,蒜头果种苗 11 个指标间存在不同程度的相关性。经 KMO 和 Bartlett 球形度检验,检验结果为 KMO 值大于 0.5, Bartlett 球形度检验

表3 蒜头果种苗质量指标相关性分析

	鲜重	株高	叶片数	叶长	叶宽	地径	主根长	主根根粗	侧根数	叶绿素含量	氮含量
鲜重	1.000										
株高	0.878	1.000									
叶片数	0.419	0.487	1.000								
叶长	0.448	0.473	0.410	1.000							
叶宽	0.719	0.706	0.096	0.422	1.000						
地径	0.724	0.652	0.297	0.400	0.584	1.000					
主根长	0.498	0.645	0.603	0.512	0.447	0.302	1.000				
主根根粗	0.443	0.333	-0.182	0.000	0.434	0.525	-0.314	1.000			
侧根数	0.278	0.375	0.120	0.159	0.131	-0.145	0.346	0.008	1.000		
叶绿素含量	-0.263	-0.319	-0.586	-0.077	-0.154	-0.150	-0.559	0.073	-0.115	1.000	
氮含量	-0.320	-0.352	-0.634	-0.221	-0.168	-0.118	-0.575	0.078	-0.260	0.930	1.000

的相伴概率 $P<0.05$ (显著水平),进一步说明蒜头果种苗各项质量指标存在相关性,适合采用主成分分析方法进行评价。

2.2.2 主成分分析 对蒜头果种苗 11 个质量指标的测定结果进行主成分分析,计算相关矩阵特征值和特征向量,得到特征值和贡献率(表4)。特征值大于1的有 4 个主成分,四者的方差累计率为 85.066%(>80%),具有较强的信息代表性,能够客观反映蒜头果种苗的质量指标。在第 1 个主成分中(表5),根据特征向量的系数,鲜重、株高、主根长、叶长、叶宽、叶片数、地径、氮含

表4 蒜头果种苗质量指标的初始特征值与贡献率

主成分	方差贡献	贡献率/%	累计贡献率/%
1	4.791	43.552	43.552
2	2.358	21.441	64.993
3	1.169	10.631	75.624
4	1.039	9.443	85.066
5	0.567	5.154	90.221
6	0.483	4.386	94.607
7	0.236	2.142	96.749
8	0.143	1.298	98.048
9	0.112	1.016	99.064
10	0.066	0.597	99.660
11	0.037	0.340	100.000

表5 蒜头果种苗各指标主成分

指标	主成分1	主成分2	主成分3	主成分4
鲜重	0.860	0.359	0.018	-0.081
株高	0.898	0.233	0.135	-0.089
叶片数	0.665	-0.469	-0.125	0.249

续表5

指标	主成分1	主成分2	主成分3	主成分4
叶长	0.601	0.059	0.385	0.468
叶宽	0.698	0.471	0.070	-0.036
地径	0.666	0.521	-0.282	0.253
主根长	0.781	-0.390	0.268	0.150
主根根粗	0.231	0.745	-0.363	-0.375
侧根数	0.330	-0.168	0.615	-0.653
叶绿素含量	-0.581	0.595	0.466	0.196
氮含量	-0.633	0.608	0.321	0.224

量 8 个指标的系数较大(>0.6),说明这 8 个指标起主要作用。

在实际生产中应用 8 个指标确定苗木等级过于复杂,难于操作,需进一步精简,结合生产实践,将株高、主根长、地径作为蒜头果种苗分级的主要指标。

2.3 蒜头果种苗分级指标K-均值聚类分析

利用 SPSS Statistics17.0 软件,对选定的蒜头果苗木的 3 个分级指标(株高、主根长、地径)进行K-均值聚类分析(表6~7)。分析结果表明,蒜头果苗木的各项指标差异均呈极显著水平($P<0.01$),且 3 个等级间存在极显著差异性($P<0.01$),表明选定划分质量等级指标均对蒜头果苗木质量有显著影响,可用于制定蒜头果苗木分级质量标准。

表6 蒜头果种苗K-均值聚类

项目	聚类中心1	聚类中心2	聚类中心3
株高/cm	27.77	21.29	33.33
主根长/mm	7.90	6.41	8.00
地径/mm	0.21	0.19	0.23

表7 蒜头果种苗聚类结果方差分析

质量指标	F	Sig.
株高	1624.659	0.000
主根长	29.442	0.000
地径	0.023	0.000

2.4 蒜头果苗木等级划分结果

将选定的株高、主根长、地径3个质量指标进行K-均值聚类分析,得到3组聚类中心,以聚类中心值为等级划分的参考值,将蒜头果苗木划分为3个等级(表8)。

表8 蒜头果种苗等级划分

等级	株高/cm	主根长/cm	地径/mm
I	[33.33,+∞)	[8.00,+∞)	[0.23,+∞)
II	[27.77,33.33)	[7.90,8.00)	[0.21,0.23)
III	[21.29,27.77)	[6.41,7.90)	[0.19,0.21)

2.5 蒜头果种苗分级标准检验

将不同等级的蒜头果种苗栽植于试验地中,6个月统计其成活率,结果表明,I级种苗成活率最高,为99%;II级种苗次之,为89.8%;III级种苗较差,为79.9%。说明以株高、主根长、地径作为蒜头果种苗分级指标是可行的。

3 结论与讨论

苗木的质量由多个质量指标构成,测定的指标越多,获得的苗木质量信息就越完整^[12],但在实际生产中,多项指标测定操作繁琐,容易损伤种苗,需要选择能够代表种苗质量的主要指标进行分级。为确定影响蒜头果种苗质量的主要因子,本研究测定蒜头果种苗的鲜重、株高、叶片数、叶长、叶宽、地径、主根长、主根根粗、侧根数、叶绿素含量、氮含量11个指标,通过对测定指标进行主成分分析,筛选出对蒜头果苗木质量评价贡献率高的指标,分析确定各分级指标的优先顺序,对贡献率高的指标进行K-均值聚类分析,并结合生产实践确定蒜头果种苗的分级质量指标。

当前,多数木本植物选定苗高、地径、主根长、分枝数作为苗木质量的分级标准^[13-15],但在本研究中,蒜头果种苗在移栽时均未发现有分枝,因此,本研究未统计蒜头果种苗分枝数。另外,蒜头果是一种根部半寄生植物,其侧根间有大量的吸器,根系通过吸器会互相缠绕在一起,自寄生现象明显^[16]。由于吸器数量较多,在实际生产中难于操作,本研究未统计吸器对种苗分级的影响。对蒜头果种苗调查和测量中,除常规的质量指标(鲜重、株高、叶片数、叶长、叶宽、地径、主根长、主

根根粗、侧根数)外,添加了叶绿素含量和氮含量2项指标。叶绿素在植物光合作用中起着能量传递和捕获的作用,并指示植物生长发育状况^[17-18]。氮是一种基本的植物营养物质,它对于植物的生长发育、群落组成以及生态系统的结构和功能都起着重要作用^[19]。本研究结果表明,株高和种苗单株鲜重是体现苗木质量的重要指标,这与前人的研究结果一致^[13-15],但以单株鲜重作为质量评价指标在实际生产中难以操作。因此,依据分析结果,同时结合生产实践,确定以株高、主根长、地径测定值作为种苗质量分级标准。但在实际生产中,选择蒜头果种苗时,除分级标准外,还应考虑苗木种苗是否完整、是否有病虫害等因素。

本研究的不足之处在于未统计根部吸器对蒜头果种苗成活和生长的影响,下一步应继续观察统计蒜头果种苗移栽后不同年限的生长发育情况,并结合蒜头果种苗根部的吸器开展研究,明确吸器对蒜头果种苗生长的影响机制,为蒜头果种苗产业发展提供理论基础。

参考文献

- [1] 唐婷范. 蒜头果有效成分及其生物活性研究[D]. 南宁:广西大学, 2013.
- [2] 王性炎,樊金栓,王姝清. 中国含神经酸植物开发利用研究[J]. 中国油脂,2006,31(3):3.
- [3] XU C Q, LIU H, ZHOU S S, et al. Genome sequence of *Malania oleifera*, a tree with great value for nervonic acid production[J]. Gigascience,2019,8(2):giy164.
- [4] LI Q, CHEN J, YU X ZH, et al. A mini review of nervonic acid: Source, production, and biological functions[J]. Food chemistry, 2019,301(7):125286.
- [5] LEWKOWICZ N, PIATEK P, NAMIECINSKA M, et al. Naturally occurring nervonic acid ester improves myelin synthesis by human oligodendrocytes[J]. Cells,2019,786(8):2-17.
- [6] 王性炎,谢胜菊,王高红. 中国富含神经酸的元宝枫籽油应用研究现状及前景[J]. 中国油脂,2018,43(12):4.
- [7] KASAI N, MIZUSHINA Y, SUGAWARA F, et al. Three-dimensional structural model analysis of the binding site of an inhibitor, nervonic acid, of both DNA polymerase beta and HIV-1 reverse transcriptase[J]. Journal of biochemistry,2002,132(5):819-828.
- [8] TANAKA K, SHIMIZU T, OHTSUKA Y, et al. Early dietary treatments with Lorenzo's oil and docosahexaenoic acid for neurological development in a case with Zellweger syndrome[J]. Brain & development,2007,29(9):586-589.
- [9] 王建民,胡晓凯,王建林,等. 生物活性物质神经酸钙的分离提取纯化生产工艺及其在治疗老年痴呆症中的应用[P]. 中国专利, CN101991564A,2011-03-30.
- [10] 侯镜德,陈至善. 神经酸与脑健康[M]. 北京:中国科学技术出版社, 2006:3-10.

- [11] YAMAZAKI Y, KONDO K, MAEBA R, et al. The proportion of nervonic acid in serum lipids is associated with serum plasmalogen levels and metabolic syndrome[J]. *Journal of oleo science*, 2014, 63(5): 527.
- [12] 蒋水元, 李虹, 黄夕洋, 等. 两面针苗木分级标准的研究[J]. *福建林业科技*, 2010, 37(4): 4.
- [13] 付玉斌, 祁荣频, 李玉媛. 榉树容器苗木分级与种源研究[J]. *广西林业科学*, 2005, 34(3): 5.
- [14] 江军, 邱苗苗, 李石华, 等. 赣南八角苗木分级标准研究[J]. *福建林业科技*, 2016(2): 177-180.
- [15] 刘键锤, 曾建荣, 卢昌华, 等. 白木香苗木质量分级标准研究[J]. *种子*, 2021, 40(5): 110.
- [16] 李勇鹏, 景跃波, 卯吉华, 等. 蒜头果半寄生特性研究[J]. *西南林业科学*, 2019, 48(4): 1-6.
- [17] INOUE Y, GUÉRIF M, BARET F, et al. Simple and robust methods for remote sensing of canopy chlorophyll content: A comparative analysis of hyperspectral data for different types of vegetation[J]. *Plant cell environ*, 2016, 39(12): 2609-2623.
- [18] THOMIDIS T, ZIOZIOU E, KOUNDOURAS S, et al. Effect of prohexadione-Ca on leaf chlorophyll content, gas exchange, berry size and composition, wine quality and disease susceptibility in *Vitis vinifera* L. cv Xinomavro[J]. *Scientia horticulturae*, 2018, 238: 369-374.
- [19] 赵乌英嘎, 红梅, 德海山, 等. 长期不同施氮水平对草原植物群落结构的影响[J]. *西北植物学报*, 2020, 40(1): 141-149.