

不同施肥处理对长白山区林下仿生栽培苍葱物质积累与产量的影响

徐光花¹, 刘佳艺², 李成龙³, 冯博¹

(1. 吉林省林业科学研究院 长春 130033; 2. 长春市净月设计集团有限公司 长春 130118;
3. 长春市净月潭实验林场 长春 130118)

摘要:为探究施肥处理对长白山区林下仿生栽培苍葱(*Allium victorialis* L.)物质积累与产量变化的影响,以长白山区敦化宽叶型苍葱植株为试验材料,对林下仿生栽培苍葱在不同氮磷钾施肥处理组合下的生物量、营养物质含量与产量差异进行了分析。结果表明,施肥处理能够在一定程度上促进林下仿生栽培苍葱植株各部分的生物量与营养物质积累。T4处理(即 N 150 kg·hm⁻², P₂O₅ 75 kg·hm⁻², K₂O 150 kg·hm⁻²)有效地促进了林下仿生栽培苍葱植株各部分生物量,尤其是叶片生物量的积累,其叶片干质量最终比 CK 处理增加了 28.57%。此外, T4 处理下的维生素 C、可溶性糖、可溶性蛋白含量与产量均高于其他处理,分别比 CK 处理增加了 26.91%、40.47%、18.56%与 42.82%。综上所述,对长白山区苍葱林下仿生栽培最有效的施肥处理为 T4 处理,其氮磷钾施用量分别为 150、75、150 kg·hm⁻²。

关键词:苍葱;施肥处理;长白山区;生物量;营养物质;产量

中图分类号: S633.9

文献标志码: A

文章编号: 1673-2871(2023)04-113-05

Fertilization treatments on substance accumulation and yield of the bionic cultivated *Allium victorialis* L. in forest in the Changbai Mountains

XU Guanghua¹, LIU Jiayi², LI Chenglong³, FENG Bo¹

(1. Jilin Provincial Academy of Forestry Science, Changchun 130033, Jilin, China; 2. Changchun Jingyue Design Group Co., Ltd., Changchun 130118, Jilin, China; 3. Jingyuetan Experimental Forest Farm, Changchun 130118, Jilin, China)

Abstract: In order to explore the influence of different fertilization treatments on substance accumulation and yield changes of the bionic cultivated *Allium victorialis* L. in forest from the Changbai Mountains, the Dunhua broadleaf type *A. victorialis* plants from the Changbai Mountains, Jilin province were selected as test materials. The biomasses, nutrient contents and yields of the bionic cultivated *A. victorialis* plants under forest under different N, P, K fertilization treatments were analyzed. The results showed that fertilization treatments can promote biomass and nutrient accumulation of the bionic cultivated *A. victorialis* in forest to a certain extent. The biomass accumulations, especially the leaf biomass accumulations of the bionic cultivated *A. victorialis* plants in forest were effectively promoted under T4 treatment (N 150 kg·hm⁻², P₂O₅ 75 kg·hm⁻², K₂O 150 kg·hm⁻²). The leaf dry weight under T4 treatment was 28.57% higher than CK treatment. The contents of vitamin C, soluble sugar, soluble protein and yield under T4 treatment were also higher than the other treatments, which were increased by 26.91%, 40.47%, 18.56% and 42.82% than CK treatment, respectively. In conclusion, the most effective fertilization treatment for the bionic cultivated *A. victorialis* in forest in the Changbai Mountains was T4 treatment, the N, P and K content was 150 kg·hm⁻², 75 kg·hm⁻², and 150 kg·hm⁻², respectively.

Key words: *Allium victorialis*; Fertilization treatments; Changbai Mountains; Biomass; Nutrients; Yield

苍葱(*Allium victorialis* L.)属百合科(Liliaceae)葱属(*Allium*),是一种历史悠久、开发潜力较大的药食同源植物,并以其营养保健功效与独特口感而逐渐受到人们关注^[1]。据史料记载,苍葱在我国黑龙

江、吉林、辽宁、河北、山西、陕西等多地均有分布,但目前吉林省,野生苍葱仅在东部长白山区有少量分布。近年来,环境的剧烈变化与连年过度采挖使野生苍葱种质资源受到了严重威胁^[2]。此外,由

收稿日期:2022-08-08;修回日期:2022-11-24

基金项目:吉林省财政公益项目(GY-2020-09)

作者简介:徐光花,女,高级工程师,主要从事林业档案管理与林业科普工作。E-mail:784045312@qq.com

通信作者:冯博,男,助理研究员,主要从事珍贵树种与林下经济植物栽培研究。E-mail:fengbo8854@163.com

于野生苍葱的生长周期较长,繁育能力也较差^[2-4],使得现存的种群数量难以满足人们需求,因此急需对长白山区野生苍葱种质资源进行保护与合理的开发利用。

林下仿生栽培能够使人们根据中草药、山野菜等经济作物的习性与对环境的需求,通过选取与模拟其自然生境而创造适宜的栽培条件,从而改善作物的生长状况与营养品质,并充分利用林地资源。目前在人参^[5]、铁皮石斛^[6]、猪苓^[7]等作物中得到了广泛应用,已成为一种培育高产优质作物的有效技术手段。

氮磷钾为对作物生长最重要的3种元素,它们的含量与比例对作物的产量与品质尤为重要,通常把这3种元素称为肥料三要素^[8-10]。施肥处理能够在一定程度上促进厚果鸡血藤^[11]与南酸枣^[12]等植物的植株生长与养分分配,也对长白山区栽培苍葱的生长与产量有一定的影响^[13],但施肥处理对长白山区林下仿生栽培苍葱生物量与营养物质积累影响的研究尚未见报道。因此,笔者以长白山区宽叶型苍葱植株为试验材料,分析不同施肥处理组合对林下仿生栽培苍葱生物量、营养物质含量与产量的影响,以确定长白山区苍葱林下仿生栽培最优施肥处理组合,为长白山区林下仿生栽培苍葱合理施肥、品质改善与产量提高提供参考。

1 材料与方 法

1.1 材料与地点

供试材料为4年生的长白山区宽叶型苍葱植株,由吉林省敦化市江源镇马五店村中药材产销专业合作社提供。试验于2020年9月至2021年6月在敦化市江源镇进行,土壤类型为暗棕壤,理化性质为:pH 4.86~5.68,全氮含量(w,后同)4.48 g·kg⁻¹,全磷含量 1.2 g·kg⁻¹,全钾含量 16.4 g·kg⁻¹,有机质含量 94.0 g·kg⁻¹,土壤最大田间持水量为 43.7%。

1.2 试验设计

在2020年9月,将供试苍葱植株栽植到郁闭度为0.3的红松林下,栽植方式为垄栽,垄长27 m,垄宽0.6 m,垄高0.1 m,垄间距0.2 m。每垄栽植1行,株距0.1 m。在2021年4月初,苍葱幼苗开始展叶前进行施肥处理,所施N肥为尿素(含N量46%),P肥为过磷酸钙(P₂O₅含量为12%),K肥为硫酸钾(K₂O含量为20%)。共设置8个不同施肥处理,以不施肥处理为对照,施肥试验设计见表1,所有肥料均作为基肥一次施用,其他栽培管理措施

正常。采用单因素随机区组设计,每个处理3次重复,共设置27个小区,每个小区面积为5.4 m²(9.0 m×0.6 m,栽植90株)。

表1 施肥试验设计

处理	N 施用量/ (kg·hm ⁻²)	P ₂ O ₅ 施用量/ (kg·hm ⁻²)	K ₂ O 施用量/ (kg·hm ⁻²)
CK	0	0	0
T1	0	75	225
T2	0	112	150
T3	150	0	225
T4	150	75	150
T5	150	112	0
T6	225	0	150
T7	225	75	0
T8	225	112	225

1.3 取样与测定方法

1.3.1 取样方法 分别在2021年4月19日、4月28日、5月7日、5月16日、5月25日、6月10日与6月25日(分别为开始展叶期、展叶盛期、开花期、种子成熟期,以及这些时期的过渡期)进行取样与测定,每个处理每次选取5株长势良好且均一的植株用于测定。

1.3.2 生物量测定方法 每次取样后,将样品带回试验室,然后将植株分为根系、假茎与叶片3部分,分别在80℃烘箱中烘干至恒质量,测定各部分干质量,每个指标重复测定3次。

1.3.3 展叶盛期(采收期)营养品质测定方法 在5月7日前后(此时为展叶盛期,也是采收期)测定维生素C、可溶性糖、可溶性蛋白、纤维素、总黄酮与β-胡萝卜素含量,每个指标重复测定3次。其中,采用钼蓝比色法^[14]测定维生素C含量;采用蒽酮-硫酸比色法^[15]测定可溶性糖含量;采用考马斯亮蓝G-250染色法^[16]测定可溶性蛋白含量;纤维素含量测定方法为将可溶性糖提取后的残渣经60%硫酸消化后,采用蒽酮-硫酸比色法^[17]测定;采用比色法^[18-19]测定总黄酮含量,方法为将样品乙醇提取液先后加入0.5 mL 0.05 g·mL⁻¹ NaNO₂溶液、0.3 mL 0.1 g·mL⁻¹ Al(NO₃)₃溶液与3 mL 0.04 g·mL⁻¹ NaOH溶液后,在510 nm处测定其吸光度,并通过标准曲线计算总黄酮含量;β-胡萝卜素经丙酮-石油醚浸提后,采用比色法^[20-21]测定其含量。

1.3.4 展叶盛期(采收期)产量测定方法 在5月7日取样后,植株地上部分(叶片与假茎)干质量测定前,测定地上部分鲜质量。在此基础上,根据小区面积和每小区栽植株数折算单位产量。

1.4 数据处理与分析

采用 SPSS 22.0 软件进行方差分析与多重比较,多重比较方法为 Duncan 法,采用 Excel 2010 软件进行数据整理与图表制作。

2 结果与分析

2.1 不同施肥处理下大葱根系生物量变化

由表 2 可知,在 5 月 25 日前,各施肥处理根系干质量均有较明显的增加,T4 处理根系干质量在 4 月 28 日至 5 月 25 日期间比 CK 处理显著增加了 22.45%~27.12%;在 5 月 25 日后,各处理根系干质量变化逐渐趋于稳定,在此期间 T4 与 T5 处理根系干质量相对较高,T4 处理根系干质量在 6 月 25 日与其他处理间差异不显著。

表 2 不同施肥处理下大葱根系干质量

g

处理	日期						
	4月19日	4月28日	5月7日	5月16日	5月25日	6月10日	6月25日
CK	0.22±0.016 ab	0.31±0.015 c	0.49±0.032 b	0.59±0.017 d	0.68±0.022 d	0.80±0.010 b	0.84±0.028 a
T1	0.25±0.005 a	0.33±0.013 bc	0.56±0.026 ab	0.62±0.034 cd	0.72±0.032 cd	0.84±0.032 ab	0.91±0.054 a
T2	0.23±0.005 ab	0.36±0.013 ab	0.54±0.028 ab	0.66±0.024 bcd	0.76±0.009 bcd	0.86±0.023 ab	0.94±0.011 a
T3	0.24±0.002 a	0.34±0.004 bc	0.55±0.020 ab	0.68±0.021 abc	0.79±0.025 abc	0.83±0.012 ab	0.91±0.048 a
T4	0.24±0.011 a	0.39±0.010 a	0.60±0.025 a	0.75±0.017 a	0.85±0.034 a	0.90±0.053 a	0.95±0.035 a
T5	0.25±0.008 a	0.37±0.001 ab	0.58±0.050 ab	0.73±0.007 ab	0.83±0.024 ab	0.90±0.021 a	0.94±0.033 a
T6	0.23±0.004 ab	0.35±0.005 abc	0.56±0.019 ab	0.68±0.014 abc	0.74±0.037 bcd	0.81±0.018 b	0.86±0.043 a
T7	0.20±0.006 bc	0.36±0.004 ab	0.53±0.034 ab	0.63±0.044 cd	0.78±0.029 abc	0.84±0.021 ab	0.89±0.022 a
T8	0.19±0.014 c	0.37±0.023 ab	0.55±0.020 ab	0.69±0.009 abc	0.82±0.031 ab	0.85±0.015 ab	0.90±0.040 a

注:同列数字后不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著。下同。

2.2 不同施肥处理下大葱假茎生物量变化

由表 3 可知,各处理假茎干质量在 5 月 25 日前均表现为较明显的增加趋势,其中 T4 与 T5 处理假茎干质量在 4 月 28 日至 5 月 16 日期间较高,分别比 CK 处理显著增加了 21.88%~40.00%与

21.88%~36.36%;在 5 月 25 日后,各处理间假茎干质量之间均无显著差异,并逐渐趋于稳定。

2.3 不同施肥处理下大葱叶片生物量变化

由表 4 可知,各处理叶片干质量在 5 月 16 日前均有明显增加,T4 处理叶片干质量在 4 月 28 日

表 3 不同施肥处理下大葱假茎干质量

g

处理	日期						
	4月19日	4月28日	5月7日	5月16日	5月25日	6月10日	6月25日
CK	0.21±0.017 a	0.32±0.013 b	0.55±0.033 d	0.72±0.014 d	0.76±0.027 a	0.89±0.043 a	0.95±0.083 a
T1	0.18±0.017 a	0.36±0.038 ab	0.61±0.035 cd	0.76±0.034 cd	0.83±0.013 a	0.90±0.039 a	0.96±0.021 a
T2	0.20±0.009 a	0.37±0.009 ab	0.66±0.016 bc	0.81±0.018 bc	0.87±0.034 a	0.92±0.065 a	0.98±0.081 a
T3	0.19±0.011 a	0.38±0.033 ab	0.72±0.027 abc	0.84±0.029 abc	0.90±0.020 a	0.97±0.017 a	1.00±0.031 a
T4	0.19±0.016 a	0.39±0.013 a	0.77±0.056 a	0.91±0.018 a	1.00±0.056 a	1.03±0.027 a	1.05±0.055 a
T5	0.21±0.017 a	0.39±0.013 a	0.75±0.028 ab	0.89±0.044 ab	0.96±0.079 a	0.98±0.051 a	1.02±0.024 a
T6	0.19±0.005 a	0.34±0.014 ab	0.69±0.027 abc	0.79±0.031 bcd	0.90±0.063 a	0.93±0.065 a	0.98±0.084 a
T7	0.17±0.017 a	0.35±0.009 ab	0.68±0.032 abc	0.82±0.029 abc	0.95±0.086 a	0.98±0.025 a	1.00±0.018 a
T8	0.17±0.013 a	0.38±0.011 ab	0.70±0.029 abc	0.86±0.020 ab	0.98±0.106 a	1.00±0.030 a	1.03±0.028 a

至 5 月 16 日期间比 CK 处理显著增加了 18.2%~35.9%,但在此期间 T4 处理叶片干质量并未显著高于 T5 和 T8 处理;在 5 月 16 日后,各处理叶片干质量均逐渐趋于稳定,在此期间 T4、T5 与 T8 处理叶片干质量仍较高,到 6 月 25 日,T4 处理叶片干质量显著高于 CK、T1、T2、T3 与 T6 处理,且增加了 13.79%~28.57%,但 T4 处理与 T5、T7 和 T8 处理叶片干质量差异均不显著。

2.4 不同施肥处理下展叶盛期(采收期)营养品质

由表 5 可知,在展叶盛期,各施肥处理总黄酮含量均无显著差异;T4 处理可溶性糖含量均高于其他处理,但仅与 CK 处理差异显著,比 CK 处理增加了 40.47%;而 T4 处理 β -胡萝卜素与可溶性蛋白含量均显著高于 CK、T1 与 T2 处理,分别为 CK 处理的 1.21 倍与 1.19 倍;T4 处理维生素 C 含量仅与 CK、T2 与 T8 处理差异显著,其维生素 C 含量分别

表4 不同施肥处理下茗葱叶片干质量

处理	日期						
	4月19日	4月28日	5月7日	5月16日	5月25日	6月10日	6月25日
CK	0.16±0.007 bc	0.31±0.013 b	0.47±0.022 d	0.64±0.013 e	0.71±0.017 c	0.75±0.022 c	0.77±0.020 d
T1	0.19±0.009 ab	0.36±0.024 ab	0.52±0.028 bcd	0.68±0.032 de	0.73±0.010 c	0.77±0.020 bc	0.80±0.008 d
T2	0.17±0.003 abc	0.35±0.015 ab	0.53±0.011bcd	0.70±0.032 cde	0.80±0.036 bc	0.83±0.066 abc	0.84±0.021 cd
T3	0.17±0.006 abc	0.37±0.012 a	0.58±0.035 abc	0.75±0.035 bcd	0.78±0.027 bc	0.86±0.044 abc	0.87±0.034 bcd
T4	0.18±0.014 abc	0.37±0.008 a	0.62±0.010 a	0.86±0.027 a	0.93±0.018 a	0.96±0.077 a	0.99±0.047 a
T5	0.20±0.010 a	0.37±0.009 a	0.60±0.044 ab	0.82±0.045 ab	0.90±0.024 a	0.94±0.024 ab	0.95±0.032 ab
T6	0.16±0.005 bc	0.32±0.018 ab	0.50±0.013 cd	0.71±0.023 cde	0.79±0.003 bc	0.85±0.066 abc	0.86±0.049 bcd
T7	0.15±0.011 c	0.36±0.010 ab	0.52±0.021 bcd	0.76±0.029 bcd	0.86±0.049 ab	0.90±0.036 abc	0.92±0.026 abc
T8	0.15±0.009 c	0.35±0.017 ab	0.55±0.012 abcd	0.79±0.033 abc	0.89±0.033 a	0.94±0.077 ab	0.97±0.042 ab

表5 不同施肥处理下茗葱展叶盛期(采收期)营养物质含量

处理	w(维生素C)/ (mg·g ⁻¹)	w(总黄酮)/ (mg·g ⁻¹)	w(β-胡萝卜素)/ (mg·g ⁻¹)	w(可溶性糖)/ (mg·g ⁻¹)	w(可溶性蛋白)/ (mg·g ⁻¹)	w(纤维素)/ (mg·g ⁻¹)
CK	2.49±0.11 d	1.10±0.10 a	0.14±0.006 b	24.88±3.37 b	5.55±0.02 d	28.85±0.02 bc
T1	2.79±0.10 abcd	1.00±0.08 a	0.14±0.003 b	28.00±0.48 ab	5.71±0.13 cd	29.92±0.48 b
T2	2.52±0.18 cd	1.15±0.10 a	0.15±0.003 b	28.10±5.50 ab	5.93±0.14 bcd	28.80±0.22 bc
T3	2.92±0.22 abcd	1.14±0.10 a	0.17±0.001 a	32.22±0.48 ab	6.21±0.13 abc	28.26±0.85 bc
T4	3.16±0.14 a	1.20±0.06 a	0.17±0.003 a	34.95±0.92 a	6.58±0.12 a	28.67±0.50 bc
T5	3.02±0.25 abc	1.21±0.07 a	0.17±0.003 a	34.75±1.73 a	6.45±0.09 ab	29.68±0.68 b
T6	3.07±0.14 ab	1.00±0.05 a	0.15±0.009 b	30.56±1.17 ab	6.10±0.18 abc	27.98±0.46 c
T7	2.72±0.03 abcd	1.01±0.02 a	0.15±0.009 b	33.27±0.82 a	6.02±0.30 bcd	29.38±0.51 bc
T8	2.61±0.11 bcd	0.97±0.02 a	0.14±0.003 b	32.76±1.85 ab	6.03±0.20 bcd	31.61±0.23 a

比CK、T2与T8处理高26.91%、25.40%与21.07%；在各施肥处理中，T8处理纤维素含量高于30.0 mg·g⁻¹，显著高于其他各处理，而其他处理纤维素含量均低于30.0 mg·g⁻¹，其中，T6、T3、T4和T2处理的纤维素含量低于CK、T1、T5、T7处理。

2.5 不同施肥处理下展叶盛期(采收期)产量

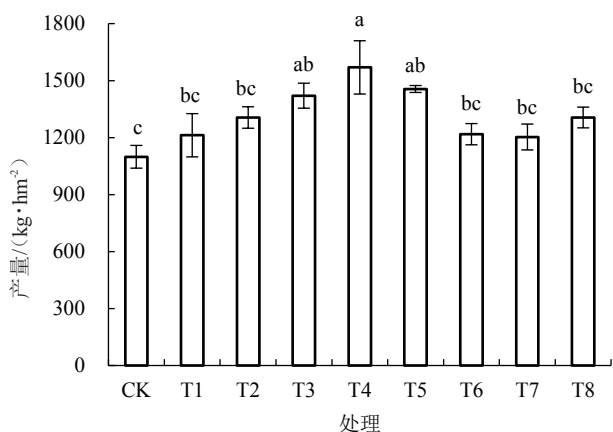
由图1可知，仿生栽培茗葱产量在增施氮、磷、钾肥时均有一定程度的增加，T4处理产量与T3、T5处理均无显著差异，但显著高于其他各处理，为CK

处理的1.43倍。

3 讨论与结论

氮磷钾元素的含量与比例对植物的生长发育有着重要的影响，适量的氮磷钾供应有利于作物的生长与生物量积累^[22]。在本研究中，林下仿生栽培茗葱植株的各部分生物量在各施肥处理下均有不同程度的增加，T4处理对植株的生物量积累，尤其是叶片的生物量积累有较明显的促进作用，其叶片干质量最终比对照组显著增加了28.57%。在继续增加施氮量时，植株的各部分生物量反而有一定程度的下降，说明在氮素超过一定的浓度时，虽然增施磷钾肥仍然能够在一定程度上促进生物量的增加^[23-24]，但由于氮毒害效应，使得过多的氮素无法被植株充分吸收、转化与利用，从而进一步抑制了植株的生长与生物量积累，与吴彦桦^[10]、李洪影^[25]的研究结果相似。

施肥处理也在一定程度上改善了仿生栽培茗葱的营养品质，并促进了其产量的增加。本研究表明，T3、T4与T5处理的维生素C、可溶性糖、可溶性蛋白含量与产量均高于CK、T1与T2处理，



注：不同小写字母表示在0.05水平差异显著。

图1 不同施肥处理下展叶盛期茗葱产量

而在 T3、T4 与 T5 处理中, T4 处理的维生素 C、可溶性糖与可溶性蛋白含量相对较高, 说明施氮量的增加在一定程度上促进了苍葱体内光合作用产物的运输与合成, 并提高了苍葱植株的物质代谢水平。

在施氮量达到 $225 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 时, T6、T7 与 T8 处理的维生素 C、可溶性糖、可溶性蛋白含量和产量仍相对较高, 说明增施磷与钾对苍葱的营养物质合成与产量增加仍有一定的促进作用, 但这些处理的可溶性蛋白含量与产量仍在整体上低于 T3、T4 与 T5 处理, 可能与施氮量过高所造成的氮毒害或产生的“浓度稀释”效应影响了养分在植株中的吸收与转化有关^[26-27]。而 T4 处理的产量及维生素 C、可溶性糖与可溶性蛋白含量均高于 T3 与 T5 处理, 对林下仿生栽培苍葱的增产提质效果优于 T3 与 T5 处理。

综上所述, 施肥处理在一定程度上促进了长白山区林下仿生栽培苍葱的物质积累与产量增加, T4 处理 ($\text{N } 150 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, $\text{P}_2\text{O}_5 \text{ } 75 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, $\text{K}_2\text{O } 150 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$) 是最有利于长白山区林下仿生栽培苍葱生物量积累、营养物质积累与产量增加的施肥处理。因此, 在长白山区苍葱的林下仿生栽培过程中, 应按照最适宜苍葱生长的施肥量进行合理施肥, 以促进仿生栽培苍葱可食用部分生物量的增加, 并达到提高其营养品质与产量的目的。

参考文献

- [1] 曲继松, 宋述尧. 苍葱研究进展[J]. 特产研究, 2006, 28(4): 69-72.
- [2] 曲继松. 长白山苍葱主要生物学特性的研究[D]. 吉林长春: 吉林农业大学, 2007.
- [3] 张忠宝, 刘丽艳, 许善花. 长白山苍葱生长习性及其栽培技术[J]. 北方园艺, 2011(4): 76-77.
- [4] 金鑫, 林海, 林晓坤, 等. 苍葱播种育苗技术[J]. 种子科技, 2020(4): 48-49.
- [5] 徐宝红, 马文瑞, 董兴军. 林下种植人参栽培技术[J]. 农业与技术, 2018, 38(22): 120.
- [6] 袁颖丹, 李志, 胡冬南, 等. 铁皮石斛仿生栽培越冬效果研究[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(9): 112-114.
- [7] 王天媛, 宫丽婷, 吕东明, 等. 长白山猪苓林下仿生栽培技术研究[J]. 人参研究, 2016, 28(2): 38-39.
- [8] 殷召学. 氮磷钾对韭菜生理效应、营养品质及氮代谢关键酶的影响[D]. 河北保定: 河北农业大学, 2005.
- [9] 刘红耀. 氮磷钾配施对大蒜生长发育的影响[J]. 山西农业大学学报(自然科学版), 2016, 36(5): 332-336.
- [10] 吴彦桦. 氮磷钾配比施肥对粉花山扁豆幼苗生长生理及土壤性质的影响[D]. 南宁: 广西大学, 2018.
- [11] 向光锋, 颜立红, 秦喜, 等. 氮磷钾配比施肥对厚果鸡血藤容器苗生长的影响[J]. 湖南林业科技, 2020, 47(3): 90-93.
- [12] 童琪, 李志辉, 童方平, 等. 南酸枣幼林配方施肥及叶片氮磷钾元素分布规律[J]. 中南林业科技大学学报, 2017, 37(5): 50-54.
- [13] 李相全, 高岩. 氮磷钾配施对苍葱产量品质形成的影响[J]. 中国林副特产, 2018(5): 34-36.
- [14] 王鸿飞, 邵兴峰. 果品蔬菜贮藏与加工实验指导[M]. 北京: 科学出版社, 2012.
- [15] WANG R, HUANG W, CHEN L, et al. Anatomical and physiological plasticity in *Leymus chinensis* (Poaceae) along large-scale longitudinal gradient in northeast China[J]. PLoS One, 2011, 6(11): e26209.
- [16] HUSSAIN I, SIDDIQUE A, ASHRAF M A, et al. Does exogenous application of ascorbic acid modulate growth, photosynthetic pigments and oxidative defense in okra [*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench] under lead stress?[J]. Acta Physiologiae Plantarum, 2017, 39: 44.
- [17] 王学奎. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.
- [18] 宋元清, 王艳平, 毛远菁. 分光光度法测定芦笋中总黄酮的含量[J]. 化学分析计量, 2005, 14(4): 52-53.
- [19] JIANG X, CHEN X, WEI Y. Free radical-scavenging activity and flavonoid contents of *Polygonum orientale* leaf, stem, and seed extracts[J]. Archives of Biological Sciences, 2009, 61(1): 79-83.
- [20] 张建华, 张忠兵, 乌云. 胡萝卜中 β -胡萝卜素测定的方法[J]. 内蒙古农业大学学报(自然科学版), 2000, 21(1): 121-124.
- [21] SINGH A, SINGH B K, DEKA B C. The genetic variability, inheritance and inter-relationships of ascorbic acid, β -carotene, phenol and anthocyanin content in strawberry (*Fragaria* \times *anassa* Duch.)[J]. Scientia Horticulturae, 2011, 129(1): 86-90.
- [22] ASHKEVARI A S, HOSEINZADEH SH, MIRANSARI M. Effects of different nitrogen, phosphorus, potassium rates on the quality and quantity of citrus plants, variety thomson novel under rainfed and irrigated conditions[J]. Journal of Plant Nutrition, 2013, 36(9): 1412-1423.
- [23] 杨小锋. 氮磷钾营养供应对生菜生长和品质的影响[D]. 武汉: 华中农业大学, 2006.
- [24] 何英姿. 氮磷钾平衡施肥对黄花风铃木幼苗生长生理的影响[D]. 南宁: 广西大学, 2016.
- [25] 李洪影. 氮磷钾肥对青贮玉米不同形式碳水化合物积累的影响[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2010.
- [26] 张涛. 氮和硼对大蒜生理、品质及“洋葱型大蒜”形成的影响[D]. 山东泰安: 山东农业大学, 2012.
- [27] 聂金, 谭芷, 王军伟, 等. 氮磷钾配施对辣椒产量、品质的影响[J]. 中国瓜菜, 2021, 34(10): 80-87.