

刘玉新,蒋欣梅,于锡宏,等. 不同肥料处理对短毛独活生长的影响[J]. 江苏农业科学,2019,47(1):142-145.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.01.034

# 不同肥料处理对短毛独活生长的影响

刘玉新<sup>1</sup>, 蒋欣梅<sup>1,2</sup>, 于锡宏<sup>1,2</sup>, 刘舒娅<sup>1</sup>, 栗延茹<sup>1</sup>, 孙冬雪<sup>1</sup>, 杨万基<sup>1</sup>

(1. 东北农业大学农业部东北地区园艺作物生物学与种质创制重点实验室,黑龙江哈尔滨 150030;

2. 林下经济资源研发与利用协同创新中心,黑龙江哈尔滨 150040)

**摘要:**以二年生短毛独活为试验材料,采用不同肥料作为基肥处理,主要研究其对短毛独活品质及产量的影响,同时对其物候期进行调查。结果表明,可通过调节肥料的配比来控制进入展叶期的时间从而调节产品的供应期。每种肥料的施用都有一个量的界定,而多种肥料的混合施用必然会出现交互作用,进而影响植株的生长发育,只有合理使用肥料才可最大化肥料效果,从而获得高产高品质的产品。在 60、120 kg/hm<sup>2</sup> 磷酸二铵和 10.67 kg/667 m<sup>2</sup> 硫酸钾复合施用,小区产量达最优值;当复合施用 60 kg/hm<sup>2</sup> 磷酸二铵和 160.05 kg/hm<sup>2</sup> 硫酸钾时,短毛独活的香豆素、黄酮含量达最优值;当 120 kg/hm<sup>2</sup> 磷酸二铵和 160.05 kg/hm<sup>2</sup> 硫酸钾复合施用,短毛独活的皂苷含量达最优值。因此,当 60 kg/hm<sup>2</sup> 磷酸二铵配施 160.05 kg/hm<sup>2</sup> 硫酸钾时,可获得香豆素、黄酮含量较高的优质高产的短毛独活;当 120 kg/hm<sup>2</sup> 磷酸二铵配施 10.67 kg/667 m<sup>2</sup> 硫酸钾时,可获得皂苷含量较高的优质高产的短毛独活。

**关键词:**短毛独活;肥料;品质;产量

**中图分类号:** S647.06 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)01-0142-04

短毛独活学名为东北牛防风,又名老山芹(*Heracleum moellendorffii* Hance)、土当归、短毛白芷<sup>[1]</sup>、大叶芹等,系伞形科牛防风属多年生宿根草本植物,多分布于中国东北部林区 and 主要山脉,是极其重要的野生植物资源,其营养物质含量是普通蔬菜的数倍,全株均可以食用,嫩茎叶富含多种维生素、铁、钙等矿物质<sup>[2]</sup>,含有 16 种氨基酸及香豆素类和黄酮类化合物<sup>[3]</sup>,根部具有治疗腰膝酸痛、头痛及降血压等功效。

医学研究表明,人类的肠胃病、癌症、心血管病等的发病率在急剧攀升,这与人类长期食用含残留农药、化肥的果蔬和粮食有密切关系。因而人们对饮食的要求越来越高,已由原来单一的温饱需求,开始向优质、环保、绿色、无污染和健康方向发展<sup>[4]</sup>。人们对短毛独活营养价值的关注度也越来越高,国内外市场的需求量也急剧增加,单纯依靠人工采集野生资源必定不能满足市场的需求,因此笔者提出对短毛独活进行驯化栽培,通过调查野生资源的生境基础,确定合理的栽培措施,以期获得优质高产的短毛独活。

目前对于短毛独活的研究只有一些栽培技术的报道,而对于其本身的生长发育规律缺乏系统的基础性研究。李富恒等提出,为提高栽培技术水平,获得短毛独活较高的产量和经济效益,掌握其植株生育特性是亟待解决的问题<sup>[5]</sup>。本研究以二年生短毛独活为试验材料,采用不同肥料作为基肥处理,通过植株的观察及生理生化分析,探究不同肥料配比对其物

候期、产量及品质的影响,旨在探明适宜短毛独活的驯化机制,为其高产高品质提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试材料为短毛独活植株,种子于 2015 年在黑龙江省尚志市采集,采后处理在东北农业大学实验室内完成,种子层积结束后,于 2016 年 5 月移植于东北农业大学设施园艺中心的野生资源圃。

### 1.2 试验方法

**1.2.1 田间设计** 试验于 2016 年 10 月至 2017 年 8 月在东北农业大学园艺园林学院进行。于黑龙江省尚志市采集短毛独活种子,经过低温层积处理后,将繁育出的短毛独活幼苗于 4 叶期定植于东北农业大学设施园艺中心,常规管理,于第 2 年进行试验。

试验设置 2 因素 3 水平,磷酸二铵(因素 A)和硫酸钾(因素 B)为基肥,于移栽前一次性施入,施入量如表 1 所示。畦作栽培,做畦 4.0 m×1.2 m,过道宽度为 0.5 m,总面积为 182.9 m<sup>2</sup>,共 34 个小区随机排列,每个小区 4.8 m<sup>2</sup>,畦上 2 行,行距为 0.5 m,株距为 0.5 m,每小区 16 株,以单施肥及不施肥为对照,各处理设 3 次重复。

**1.2.2 物候期观察** 从 2017 年春季 3 月 20 日开始观察物候期并记录,短毛独活物候期分为萌芽期、展叶期、现蕾抽薹期、开花期、种子收获期<sup>[5]</sup>。定期进行田间观察并记录达到各物候期的时间,以 30% 植株达到相应状态时作为记录各个物候期的标准。

**1.2.3 指标测定** 在短毛独活展叶期进行产量和品质的测定。产量的测定采用单次直接称质量法,香豆素采用比色法<sup>[6]</sup>测定,皂苷采用比色法<sup>[7]</sup>测定,黄酮采用三氯化铝法<sup>[8]</sup>测定。

收稿日期:2017-09-15

基金项目:国家重点研发计划子课题(编号:2016YFC0500307-06);

东北农业大学“高原学科”学科团队项目;黑龙江省现代农业产业技术协同创新体系项目。

作者简介:刘玉新(1991—),男,黑龙江牡丹江人,硕士研究生,主要从事山野菜驯化栽培研究。E-mail:331361658@qq.com。

通信作者:于锡宏,博士,教授,博士生导师,主要从事蔬菜栽培与生理研究。E-mail:yxhong001@163.com。

表 1 短毛独活施肥处理

处理代码	各因素施入量(kg/hm <sup>2</sup> )	
	A:磷酸二铵	B:硫酸钾
P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	60	80.10
P <sub>1</sub> K <sub>2</sub>	60	160.05
P <sub>1</sub> K <sub>3</sub>	60	240.15
P <sub>2</sub> K <sub>1</sub>	120	80.10
P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	120	160.05
P <sub>2</sub> K <sub>3</sub>	120	240.15
P <sub>3</sub> K <sub>1</sub>	180	80.10
P <sub>3</sub> K <sub>2</sub>	180	160.05
P <sub>3</sub> K <sub>3</sub>	180	240.15
P <sub>2</sub>	120	0
K <sub>2</sub>	0	160.05
CK	0	0

1.2.4 数据分析 采用 WPS 表格作图,利用 SAS 软件进行数据显著性分析。

2 结果与分析

2.1 不同肥料处理对短毛独活物候期的影响

当 2017 年春季来临时,随着温度的升高和日照时间的延长,短毛独活休眠芽开始萌动并生长,3 月 27 日新芽出土,进入宿根萌发期。4 月 15 日叶片陆续展开,对于进入展叶期。5 月 26 日进入抽薹现蕾期,此时开始生殖生长阶段。6 月 3 日进入开花期,黄绿色花蕾绽放,花色变为成白色。落花后种子开始发育,于 7 月初开始采收。

如表 2 所示,各处理同时进入萌芽期。对于进入展叶期的时间,在 P<sub>1</sub> 水平下,随着钾(K)肥用量的上升,呈增加趋

势;在 P<sub>2</sub>、P<sub>3</sub> 水平下,各处理间无显著差异,且除 P<sub>3</sub>K<sub>3</sub> 处理外均显著低于 P<sub>2</sub> 处理,说明施入 K 肥可以缩短进入展叶期的时间;在 K<sub>1</sub> 水平下,随着磷(P)肥用量的上升,呈增加趋势;在 K<sub>2</sub> 水平下,呈增加趋势,P<sub>1</sub>K<sub>2</sub> 处理与 K<sub>2</sub> 处理差异显著,说明施入少量磷肥可以缩短进入展叶期的时间;在 K<sub>3</sub> 水平下,各处理间无显著差异。进入现蕾期的时间,在 P<sub>1</sub> 水平下,随着 K 肥用量的上升,呈增加趋势;在 P<sub>2</sub> 水平下,各处理间无显著差异,且均与 P<sub>2</sub> 处理差异不显著;在 P<sub>3</sub> 水平下,呈增加趋势,说明少量 K 肥可延后进入现蕾期的时间;在 K<sub>1</sub> 水平下,随着 P 肥用量的上升,呈增加趋势,且各处理间差异显著;在 K<sub>2</sub> 水平下,呈先增后减趋势,与 K<sub>2</sub> 差异不显著;在 K<sub>3</sub> 水平下,各处理间无显著性差异。对于进入开花期的时间,在 P<sub>1</sub> 水平下,随着 K 肥用量的上升,各处理间无显著差异;在 P<sub>2</sub> 水平下,呈增加趋势,P<sub>2</sub>K<sub>1</sub> 处理与 P<sub>2</sub>K<sub>3</sub> 处理均与 P<sub>2</sub> 处理差异显著,说明施入少量 K 肥可以缩短进入开花期的时间,过量 K 肥会延长进入开花期的时间;在 P<sub>3</sub> 水平下,呈先减后增的趋势,说明在高 P 肥水平下,适当的 K 肥不会造成开花期的延后;在 K<sub>1</sub> 水平下,随着 P 肥用量的上升,呈增加趋势;在 K<sub>2</sub> 水平下,各处理间无明显差异,除 K<sub>2</sub>P<sub>2</sub> 处理外均与 K<sub>2</sub> 处理差异显著,说明施入 P 肥会延长进入开花期时间;在 K<sub>3</sub> 水平下,呈先增后减的趋势,说明少量的 P 肥不会造成开花期的延后,而过量的 P 肥会导致开花期延后。对于进入种子收获期的时间,在 P<sub>1</sub> 水平下,随着 K 肥用量的上升,呈增加趋势;在 P<sub>2</sub> 水平下,各处理间无显著差异;在 P<sub>3</sub> 水平下,各处理间无显著差异;在 K<sub>1</sub> 水平下,随着 P 肥用量的上升,呈增加趋势;在 K<sub>2</sub> 水平下,各处理间无显著差异;在 K<sub>3</sub> 水平下,各处理间无明显差异。

表 2 不同肥料处理对短毛独活物候期的影响

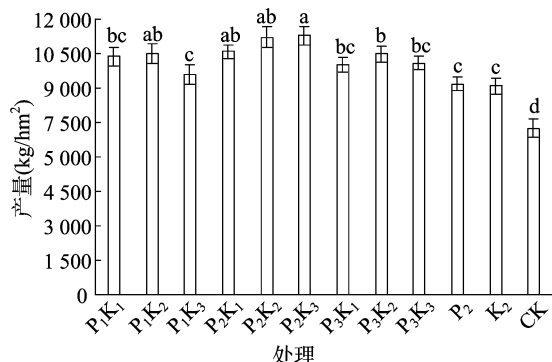
处理	进入物候期的时间(d)				
	萌芽期(3月27日)	展叶期(4月15日)	抽薹现蕾期(5月26日)	开花期(6月3日)	种子收获期(7月初)
P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	0	18.00±1.00c	60.33±0.58c	70.00±1.00c	111.00±1.00c
P <sub>1</sub> K <sub>2</sub>	0	18.33±0.58c	61.33±0.58bc	70.33±0.58c	112.33±1.53bc
P <sub>1</sub> K <sub>3</sub>	0	20.67±1.15b	62.00±1.00b	70.67±0.58c	113.33±0.58b
P <sub>2</sub> K <sub>1</sub>	0	20.67±0.58b	62.33±0.58b	70.33±0.58c	114.00±1.00ab
P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	0	20.00±1.00b	62.67±0.58ab	70.67±1.15bc	113.67±1.15ab
P <sub>2</sub> K <sub>3</sub>	0	20.33±1.15b	63.33±0.58ab	74.67±1.53a	115.67±1.15a
P <sub>3</sub> K <sub>1</sub>	0	20.67±1.15b	64.67±1.53a	74.33±1.15a	114.67±1.53ab
P <sub>3</sub> K <sub>2</sub>	0	21.00±1.00b	62.00±1.00b	70.67±0.58c	112.67±1.53b
P <sub>3</sub> K <sub>3</sub>	0	22.33±0.58ab	62.33±0.58b	71.33±0.58bc	113.33±0.58b
P <sub>2</sub>	0	22.67±0.58a	62.67±0.58ab	72.33±0.58b	115.00±1.00ab
K <sub>2</sub>	0	20.67±1.15b	63.00±1.00ab	72.33±0.58b	114.67±1.53ab
CK	0	18.33±0.58c	60.33±0.58c	68.33±0.58d	109.33±0.58d

注:表中不同小写字母表示差异显著(α=0.05)。

2.2 不同肥料处理对短毛独活产量的影响

如图 1 所示,各施肥处理短毛独活产量均明显增加,其中 P<sub>1</sub>K<sub>2</sub>、P<sub>2</sub>K<sub>1</sub>、P<sub>2</sub>K<sub>2</sub>、P<sub>2</sub>K<sub>3</sub> 处理产量明显高于其他处理,分别比 CK 处理增加了 44.79%、45.88%、54.56%、55.41%。在磷酸二铵施用量为 60、180 kg/hm<sup>2</sup> 时,随着硫酸钾用量的上升,产量呈先升后降的趋势。在磷酸二铵施用量为 120 kg/hm<sup>2</sup>,随着硫酸钾用量的上升,产量总体呈上升趋势,且均显著高于单施 P 肥处理,说明施用一定量的钾肥会增加短毛独活的产

量。在硫酸钾施用量为 80.10、240.15 kg/hm<sup>2</sup> 时,随着磷酸二铵用量的上升,产量呈先升后降的趋势。在硫酸钾施用量为 160.05 kg/hm<sup>2</sup> 时,随着磷酸二铵用量的上升,产量总体呈低中水平无明显差异、高水平下降的趋势,且均显著高于单施 K 肥处理,说明施用一定量的磷肥会增加短毛独活的产量。在磷酸二铵 120 kg/hm<sup>2</sup> 和 240.15 kg/hm<sup>2</sup> 硫酸钾复合施用时,产量最大。结合肥料成本,发现当施用磷酸二铵量为 60、120 kg/hm<sup>2</sup> 时,配施硫酸钾量为 160.05 kg/hm<sup>2</sup> 时,产量达最



不同处理间标有不同小写字母表示差异显著( $P<0.05$ )。下图同

图1 不同肥料处理对短毛独活产量的影响

优值。方差分析表明,P肥对短毛独活产量的影响比钾肥大,且均达到显著水平。

### 2.3 不同肥料处理对短毛独活叶片品质的影响

**2.3.1 不同肥料处理对短毛独活香豆素含量的影响** 如图2所示,除 $P_3K_3$ 处理以外,其他所有处理的香豆素含量均显著高于CK处理,说明适当施用肥料可增加短毛独活内香豆素类化合物的含量。其中 $P_1K_2$ 、 $P_2K_2$ 处理短毛独活内香豆素的含量明显高于其他处理,分别比CK处理增加了130.08%、103.85%。在磷酸二铵施用量为60、180 kg/hm<sup>2</sup>时,随着硫酸钾用量的上升,香豆素的含量呈先升后降的趋势;在磷酸二铵施用量120 kg/hm<sup>2</sup>时,各处理香豆素的含量均显著高于单施P肥处理,说明施用钾肥会增加短毛独活内香豆素的含量。在硫酸钾施用量80.10、240.15 kg/hm<sup>2</sup>时,随着磷酸二铵用量的上升,香豆素含量呈下降的趋势;在硫酸钾施用量为160.05 kg/hm<sup>2</sup>, $P_1K_2$ 与 $P_2K_2$ 处理显著高于单施K肥处理, $P_3K_2$ 与 $K_2$ 处理无显著差异,说明施用少量磷肥会增加短毛独活内香豆素含量。在复合施用磷酸二铵60 kg/hm<sup>2</sup>和硫酸钾160.05 kg/hm<sup>2</sup>时,香豆素的含量最高。结合小区产量,发现当施用磷酸二铵60、120 kg/hm<sup>2</sup>,配施硫酸钾160.05 kg/hm<sup>2</sup>时,香豆素含量达最优值。方差分析表明K肥对短毛独活香豆素含量的影响比P肥大,且均达到显著水平。

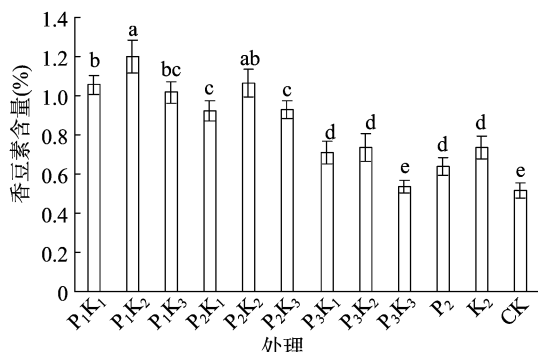


图2 不同肥料处理对短毛独活香豆素含量的影响

**2.3.2 不同肥料处理对短毛独活皂苷含量的影响** 如图3所示,各施肥处理短毛独活内皂苷含量均明显增加,其中 $P_2K_2$ 、 $P_2K_3$ 处理皂苷含量显著高于其他处理,分别比CK处理增加了112.67%、101.41%。在磷酸二铵施用量60、180 kg/hm<sup>2</sup>时,随着硫酸钾用量的上升,皂苷含量呈先升后降的趋势;在磷酸二铵施用量为120 kg/hm<sup>2</sup>时, $P_2K_2$ 与 $P_2K_3$

处理皂苷含量均显著高于单施P肥处理, $P_2K_1$ 与单施P肥处理间无显著差异,说明施用一定量钾肥会增加短毛独活内皂苷含量。在硫酸钾施用量为80.10、240.15 kg/hm<sup>2</sup>时,随着磷酸二铵用量的上升,皂苷含量分别为上升和先升后降的趋势;在硫酸钾施用量为160.05 kg/hm<sup>2</sup>时,随着磷酸二铵用量的上升,皂苷含量呈先升后降的趋势,且均显著高于单施K肥处理,说明施用一定量的P肥会增加短毛独活内皂苷含量。当施用磷酸二铵120 kg/hm<sup>2</sup>,配施硫酸钾160.05、240.15 kg/hm<sup>2</sup>时,短毛独活皂苷含量最高。结合产量,发现当施用磷酸二铵120 kg/hm<sup>2</sup>,配施硫酸钾160.05、240.15 kg/hm<sup>2</sup>时,短毛独活皂苷含量达最优值。方差分析表明,P肥对短毛独活皂苷含量的影响比K肥大,且均达到显著水平。

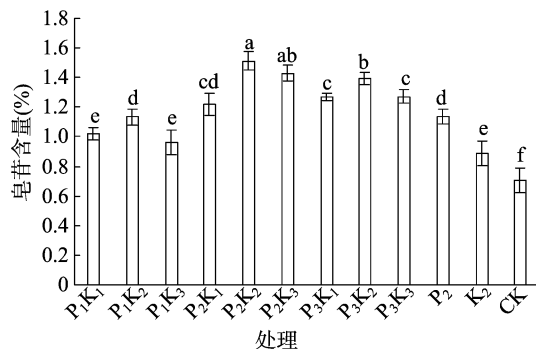


图3 不同肥料处理对短毛独活皂苷含量的影响

**2.3.3 不同肥料处理对短毛独活黄酮含量的影响** 如图4所示,各施肥处理短毛独活黄酮含量均明显增加,其中 $P_1K_2$ 、 $P_2K_2$ 处理黄酮含量明显高于其他处理,分别比CK处理增加了81.44%、69.46%。在磷酸二铵施用量为60、180 kg/hm<sup>2</sup>时,随着硫酸钾用量的上升,黄酮含量呈先升后降的趋势;在磷酸二铵施用量为120 kg/hm<sup>2</sup>时, $P_2K_2$ 处理黄酮含量显著高于 $P_2K_1$ 处理、 $P_2K_3$ 处理,且均显著高于单施P肥处理,说明施入适量的钾肥会使黄酮含量上升。在硫酸钾施用量为80.10、240.15 kg/hm<sup>2</sup>时,随着磷酸二铵用量的上升,黄酮含量呈下降的趋势;在硫酸钾施用量为160.05 kg/hm<sup>2</sup>时, $P_1K_2$ 、 $P_2K_2$ 处理黄酮含量均显著高于单施K肥处理, $P_3K_2$ 处理与单施K肥处理差异不显著,说明施入少量的磷肥会使黄酮含量显著上升。在硫酸钾160.05 kg/hm<sup>2</sup>、磷酸二铵60、120 kg/hm<sup>2</sup>复合施用,短毛独活黄酮含量最高。结合产量,发现在磷酸二铵60、120 kg/hm<sup>2</sup>和硫酸钾80.10、160.05 kg/hm<sup>2</sup>复合施用,短毛独活黄酮含量达最优值。方差分析表明,P肥对短毛独活黄酮含量的影响比K肥大,且均达到显著水平。

## 3 讨论

植物的物候期是指植物生长、发育与其变化相对应的节候反应。短毛独活物候期分为宿根萌发期、展叶期、(现蕾期、抽薹期)、开花期、种子发育期、种子收获期共7个阶段<sup>[5]</sup>。本试验结果显示,各处理在宿根萌发期的时间无差异,可能是由于宿根萌发期主要是受温度影响,据报道,生态因子对植物的生长发育有很大的影响<sup>[9]</sup>,其中,温度是影响植物生长发育的重要环境因子<sup>[10]</sup>。本研究同时也显示,从展

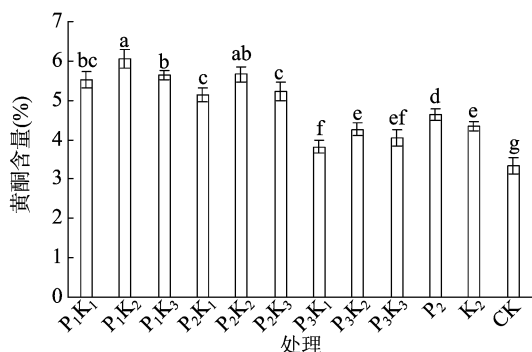


图4 不同肥料处理对短毛独活黄酮含量的影响

叶期开始到开花期,都因肥料配比的不同而受到相应的影响,无论是单一的 P 肥或 K 肥,还是二者不同配比施入,与对照相比均会使展叶期及以后所有时期的时间延后,因此,通过调整肥料的配比达到错开采收期并延长采收期的效果,从而增加短毛独活的市场供应期,增加种植者收益。

P 元素是植物最重要的营养元素之一,是许多重要化合物的组成成分,是植物生长发育过程中物质和能量代谢中极其重要的元素之一,参与植物体内的许多生理过程,如光合作用、呼吸作用及生长发育,尤其是体内的各种酶促反应和能量传递<sup>[11-13]</sup>。在香豆素、皂苷、黄酮的合成代谢过程中,P 元素起着重要作用<sup>[14]</sup>。K 元素的作用机制与 P 元素不同,不是细胞的组成元素,在植物体内呈离子态存在,并不参加有机物的组成,具有较强的移动性和被再利用能力,主要是促进和调节各种生理活动过程,并参与许多酶促反应,增强抗逆性<sup>[15]</sup>。本试验结果表明,施用少量 P 肥和适量 K 肥后,短毛独活中香豆素、皂苷和黄酮含量显著提高,说明施 P 肥有利于短毛独活中香豆素、皂苷及黄酮的积累。本试验结果也表明,施用一定量 K 肥后,短毛独活中香豆素、皂苷、黄酮的含量明显高于对照,可能是由于 K 肥促进了某些酶的作用,促进核酸合成,促进糖的聚合和运输,进而提高了香豆素、皂苷及黄酮的含量。

本试验的磷酸二铵中主要为 P 肥但也含有少量的氮(N)肥,N 对植物至关重要,因此农业生产中经常施用 N 肥。合理施用 N 肥可促进植物生长发育和对 N 元素的吸收转运,使叶片含 N 量提高,叶绿素增加,植物光合速率增长<sup>[14,16]</sup>。充足的 N 营养促使植物细胞伸长,促进分裂,延长地上部分的生长期,从而明显提高产量<sup>[17]</sup>。本试验主要探究目的为 P 肥与 K 肥之间的不同配比对短毛独活生长的影响,其中 N 肥对本试验的影响有待于进一步研究。

每种肥料的施用,都有一个量的界定,而多种肥料的混合施用必然会出现交互作用,进而影响植株的生长发育,只有合理使用肥料才可最大化肥料效果,从而获得高产高品质的产品<sup>[18]</sup>。本试验结果显示,P<sub>1</sub>K<sub>2</sub>、P<sub>2</sub>K<sub>1</sub>、P<sub>2</sub>K<sub>2</sub>、P<sub>2</sub>K<sub>3</sub> 处理中,短毛独活产量均较高,P<sub>1</sub>K<sub>2</sub>、P<sub>2</sub>K<sub>2</sub> 处理中,香豆素含量较高,P<sub>2</sub>K<sub>2</sub>、P<sub>2</sub>K<sub>3</sub> 处理中,皂苷含量较高,P<sub>1</sub>K<sub>2</sub>、P<sub>2</sub>K<sub>2</sub> 处理中,黄酮含量较高。因此,如果单一考虑产量最大化,则 P<sub>1</sub>K<sub>2</sub>、P<sub>2</sub>K<sub>1</sub>、P<sub>2</sub>K<sub>2</sub>、P<sub>2</sub>K<sub>3</sub> 处理的肥料配比均可,且产品收获期不同,可多种肥料配比同时施用,以获得更多的经济效益。

综上所述,可通过调节肥料的配比,来调节产品的供应期,处理 P<sub>2</sub>K<sub>2</sub> 为最佳处理,与对照相比,展叶期延后 2 d。当

60、120 kg/hm<sup>2</sup> 磷酸二铵配施 160.05 kg/hm<sup>2</sup> 硫酸钾时,小区产量达最优值;当 60、120 kg/hm<sup>2</sup> 磷酸二铵配施 160.05 kg/hm<sup>2</sup> 硫酸钾时,香豆素、黄酮含量达最优值;当 120 kg/hm<sup>2</sup> 磷酸二铵和 160.05 kg/hm<sup>2</sup> 硫酸钾复合施用,皂苷含量达最优值。因此可见,当 60 kg/hm<sup>2</sup> 磷酸二铵配施 160.05 kg/hm<sup>2</sup> 硫酸钾时,可获得香豆素、黄酮含量较高的优质高产的短毛独活;当 120 kg/hm<sup>2</sup> 磷酸二铵配施 160.05 kg/hm<sup>2</sup> 硫酸钾时,可获得皂苷含量较高的优质高产的短毛独活。由此可知,P<sub>2</sub>K<sub>2</sub> 处理的香豆素、皂苷、黄酮含量均较高,产量也达到最优值,成本也较低,适于大规模生产。因此得出,当 60 kg/hm<sup>2</sup> 磷酸二铵和 160.05 kg/hm<sup>2</sup> 硫酸钾复合施用,与哈尔滨地区的土壤、气候、种植技术等因素相适应,对短毛独活产量和品质有明显的提升效果。

#### 参考文献:

- [1] 刘慎谔. 东北植物检索表[M]. 北京:科学出版社,1959.
- [2] 刁绍超,朱楠楠,孙广仁. 山芹菜营养成分分析与加工特性[J]. 东北林业大学学报,2010,38(10):48-50.
- [3] 信小娟,刘成学,李玉成. 大兴安岭山野菜老山芹栽培技术[J]. 防护林科技,2016,155(8):120-121.
- [4] 唐式敏. 蒙古韭主要生物学特性及生理基础的研究[D]. 新疆:新疆农业大学,2010.
- [5] 李富恒,刘增兵,崔巍金琦,等. 老山芹生长发育规律及主要性状相关性分析[J]. 东北农业大学学报,2017,48(1):15-22,32.
- [6] 马逾英,钟世红,贾敏如,等. 紫外分光光度法测定川白芷中总香豆素类成分的含量[J]. 华西药理学杂志,2005,20(2):159-160.
- [7] 吴红,梁恒,刘永红,等. 山茱萸总皂苷的提取分离与含量测定[J]. 第四军医大学学报,2003,24(5):430-432.
- [8] 何书美,刘敬兰. 茶叶中总黄酮含量测定方法的研究[J]. 分析化学,2007,35(9):1365-1368.
- [9] 潘洁,姜东,戴廷波,等. 不同生态环境与播种期下小麦籽粒品质变异规律的研究[J]. 植物生态学报,2005,29(3):467-473.
- [10] 陈传晓. 不同积温带春玉米碳代谢机理及化学调控效应的研究[D]. 保定:河北农业大学,2013.
- [11] 李静,陈小华,刘振鸿,等. 脱硫石膏改良土壤过程中的磷迁移规律及影响因素分析[J]. 江苏农业科学,2017,45(12):233-237.
- [12] 宋莎,韩秀梅,郑伟,等. 不同供磷水平下苹果砧木叶片的生理特性[J]. 江苏农业科学,2018,46(18):147-150.
- [13] 艾佐佐,袁军,黄丽媛,等. 磷对铝胁迫下油茶幼苗根冠比及根系形态的影响[J]. 江苏农业科学,2017,45(12):106-108.
- [14] 孔祥波,徐坤,尚庆文,等. 生物有机肥对生姜生长及产量、品质的影响[J]. 中国土壤与肥料,2007(2):64-67.
- [15] 李安琪. 施肥对藤茶品质的影响及其主要活性成分黄酮的提取、纯化研究[D]. 武汉:华中农业大学,2007.
- [16] 孔祥波,徐坤. 不同肥料对生姜产量及叶片光合作用和叶绿素荧光特性的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2008,14(2):367-372.
- [17] 张丽萍,陈震,马小军,等. 氮源对黄连植株生长、根茎小檗碱含量的影响[J]. 中草药,1995,26(7):387-388.
- [18] Yan X Y, Gong W. The role of chemical and organic fertilizers on yield, yield variability and carbon sequestration - results of a 19-year experiment[J]. Plant and Soil, 2010, 331(1):471-480.