

施肥深度对蓝靛果植株养分含量及果实产量的影响

魏嘉¹, 李佳成², 霍俊伟³, 李威⁴, 田树新⁵, 白卉⁶

^{1,6} 黑龙江省林业科学研究所 黑龙江省速生林木培育重点实验室,
黑龙江 哈尔滨

^{2,3} 东北农业大学, 园艺园林学院, 黑龙江 哈尔滨

⁴ 东北农业大学, 资源与环境学院, 黑龙江, 哈尔滨

⁵ 黑龙江省林业科学院牡丹江分院, 黑龙江, 牡丹江

baihui1979@163.com

摘要 为探究不同施肥深度对蓝靛果生长的影响, 本研究以 5 年生蓝靛果品种 ‘蓝精灵’ 为试验材料开展大田试验, 在施肥量相同的条件下, 设置对照、5 cm、10 cm、15 cm、30 cm, 5 个不同施肥深度处理。通过研究不同施肥深度对蓝靛果果实产量、植株养分含量及养分利用率、根系分布及土壤养分含量的影响, 得到以下主要研究结论: 在 15 cm 深度施肥能够有效增加蓝靛果的产量和单果重, 产量为 9216.55 kg/hm², 通过拟合方程得到增产最适施肥深度为 16.91 cm。

监测: 蓝靛果, 施肥深度, 产量, 养分含量, 养分利用率

УДК 634.7

EDN MHJUEU

<https://doi.org/10.22450/978-5-9642-0639-2-246-256>

Зависимость глубины внесения удобрений на содержание питательных веществ и урожайность жимолости

Вэй Цзя¹, Ли Цзячэн², Хо Цзюньвэй⁴,
Ли Вэй⁵, Тянь Шусинь⁵, Бай Хуэй⁶

^{1,6} Ключевая лаборатория быстрорастущего лесоводства, Институт лесного хозяйства провинции Хэйлунцзян, провинция Хэйлунцзян, Харбин, Китай

^{2,3} Школа садоводства и ландшафтной архитектуры, Северо-Восточный сельскохозяйственный университет, провинция Хэйлунцзян, Харбин, Китай

⁴ Школа ресурсов и окружающей среды, Северо-Восточный сельскохозяйственный университет, провинция Хэйлунцзян, Харбин, Китай

⁵ Муданьцзянский филиал институт лесных наук Хэйлунцзянской академии наук, провинция Хэйлунцзян, Муданьцзян, Китай

baihui1979@163.com

Аннотация. Для исследования влияния внесения удобрений от различной глубины на рост голубой жимолости в Харбине (провинция Хэйлунцзян) в период с 2021 по 2022 гг. проведен полевой эксперимент на пяти летних образцах жимолости сорта Лан Цзинлин. Внесение удобрений на глубину 15 см было эффективным для увеличения урожая и массы плодов, при этом урожайность составила 9 216,55 кг/м², а оптимальная глубина внесения удобрений оказалась равна 16,91 см. При данной глубине внесения удобрений плоды жимолости наиболее эффективно используют азот, фосфор и калий. Также в данном случае отмечен рост длины корневой системы в слое почвы 0–20 см.

Ключевые слова: плоды жимолости, удобрения, глубина заделки, урожайность, содержание питательных веществ, коэффициент использования питательных веществ

**The dependence of the depth of fertilization
on the nutrient content and yield of honeysuckle**

**Jia Wei¹, Jiacheng Li², Junwei Huo³,
Wei Li⁴, Shuxin Tian⁵, Hui Bai⁶**

^{1, 6} Key Laboratory of Fast-Growing Forestry, Heilongjiang Forestry Institute
Heilongjiang Province, Harbin, China

^{2, 3} School of Horticulture and Landscape Architecture, Northeast Agricultural
University, Heilongjiang Province, Harbin, China

⁴ School of Resources and Environment, Northeast Agricultural University
Heilongjiang Province, Harbin, China

⁵ Mudanjiang Branch Institute of Forest Sciences of Heilongjiang Academy
of Sciences, Heilongjiang Province, Mudanjiang, China

baihui1979@163.com

Abstract. To study the effect of fertilization from different depths on the growth of blue honeysuckle in Harbin (Heilongjiang Province) in the period from 2021 to 2022, a field experiment was conducted on five summer samples of Lan Jingling honeysuckle. Fertilization to a depth of 15 cm was effective for increasing the yield and weight of fruits, while the yield was 9,216.55 kg/ m², and the optimal depth of fertilization was 16.91 cm. At this depth of fertilization, honeysuckle fruits use nitrogen, phosphorus and potassium most effectively. Also, in this case, an increase in the length of the root system in the soil layer of 0–20 cm was noted.

Keywords: honeysuckle fruits, fertilizers, embedding depth, yield, nutrient content, nutrient utilization rate

蓝靛果 (*Lonicera caerulea* L.) 学名蓝果忍冬, 为忍冬科忍冬属多年生落叶灌木。蓝靛果又名山茄子、黑瞎子果, 以野生居多 [1]。蓝靛果是一种集多种价值于一身的水果, 其作为新兴水果, 兼具食用、酿酒、药用等价值 [2]。早熟、强抗寒能力、对土壤和气候条件要求不高以及抗病虫等卓越特性, 均是蓝靛果的优点 [3], 这些特点使得在高纬度和寒冷气候地区的小浆果种植者获得了额外的机遇, 增加高端特色作物市场上产品的多样性。

目前在其他果树上已经得到证明, 正确的施肥深度不仅环保, 且肥效更持久, 肥料施用深度的合理化既可以提高植株生长又可以提高果实品质和产量, 是一种有效、环保的施肥方式。

王平生等 [4] (2020) 研究表明, 在 20 cm 深度施用肥料时, 可以提高核桃侧枝直径, 且叶面积和百叶重也得到了增加。有研究表明, ‘红地球’葡萄不同时期对 ^{15}N -尿素的利用率不同, 整体随物候期的变化而逐渐升高, 盛花期最低, 树体在施肥深度为 20 cm 时吸收氮素的能力最强, 四个不同时期的氮素利用率均优于表层撒施和 40 cm 深层施肥 [5]。通过研究不同施肥深度下的土壤氮素迁移特性, 王夏晖等 [6] (2002) 发现, 施肥深度能够显著的影响土壤中硝态氮含量的分布, 随着施肥深度的增加, 硝态氮向下移动的能力也显著增加。目前针对蓝靛果施肥深度的研究较少, 系统比较不同施肥深度对蓝靛果植株及果实品质的影响还未见报道。

本试验选取 5 年生 ‘蓝精灵’ 品种作为研究对象, 通过比较氮、磷、钾肥料不同施用深度处理下, 树体各器官营养指标以及产量的变化, 对其进行系统研究以期了解施肥深度对蓝靛果植株养分含量及果实产量的影响, 为生产过程中科学施肥提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

本试验于 2021 年 10 月至 2022 年 10 月期间, 在东北农业大学园艺

站蓝靛果种质资源圃进行, 试验地点具体位置为北纬 44° 04', 东经 125° 42', 海拔 155~175 m, 为温带大陆性季风气候。供试果园内的土壤各项指标为有机质含量 11.91 g/kg, 速效氮含量 521.07 mg/kg, 有效磷含量 74.02 mg/kg, 速效钾含量 10.78 mg/kg, pH 为 6.33。试验选取长势一致的 5 年生‘蓝精灵’品种为试验材料, 选用尿素 (N: 46.4%)、磷酸二铵 (P₂O₅: 42%, N: 15%)、硫酸钾 (K₂O: 50%) 三种肥料进行施肥试验。

1.2 试验设计

试验共设置 5 个处理: 不施肥 (F0)、施肥深度 5 cm (D5)、施肥深度 10 cm (D10)、施肥深度 15 cm (D15)、施肥深度 30 cm (D30), 每个处理 5 次重复, 共 25 株。肥料施用量分别为尿素 87.82 g; 磷酸二铵 26.5 g; 硫酸钾 33.33 g。

1.3 试验方法

1.3.1 果实产量的测定

单果重和产量使用电子秤进行称量。

1.3.2 植株养分含量的测定

叶片、枝条以及果实全氮含量的测定采用靛酚蓝比色法 [7], 全磷含量的测定采用钒钼黄比色法 [8], 全钾含量的测定采用火焰光度计法 [9]。

1.3.3 根系分布的测定

采用 MRS-9600TFU2L 植物图像分析仪对根系样品进行分析。

1.3.4 土壤养分含量的测定

土壤铵态氮含量的测定采用靛酚蓝比色法 [10], 土壤硝态氮含量的测定采用紫外分光光度校正因数法 [11]。土壤速效氮等于铵态氮与硝态氮之和, 土壤有效磷含量的测定采用钼锑抗比色法 [12], 土壤速效钾含量的测定采用 1 mol/L⁻¹ 醋酸铵浸提、火焰光度计法测定 [13]。

2 结果与分析

2.1 不同施肥深度对蓝靛果果实产量的影响

如表 1 所示, 蓝靛果单果重和产量随施肥深度的增加呈先增后减的抛物线变化趋势。不同施肥处理中 D30 处理的单果重最小, 为 1.00 g; D15 处理的单果重最大, 达 1.22 g, 比 D30 处理增加了 22.00 %, 且差异达显著水平 ($P<0.05$), 整体而言, 各施肥处理较不施肥 F0 处理单果重有显著提高 ($P<0.05$), D15 处理与 F0 处理相比增加了 35.56 %。

表 1 施肥深度对蓝靛果产量和单果重的影响

处理	单果重, g	产量 Y, kg/hm ²	增产, kg/hm ²	肥料贡献率, %
F0	0.90±0.03c	5,153.57	—	—
D5	1.03±0.05b	6,157.24	1,003.67	19.48
D10	1.15±0.02a	7,236.12	2,082.55	40.41
D15	1.22±0.02a	9,216.55	4,062.98	78.84
D30	1.00±0.09bc	5,238.61	85.04	1.65

不同施肥深度处理的产量变化规律与单果重相同, 其中 D15 处理的产量最高, 为 9,216.55 kg/hm², 不施肥 F0 处理的产量最低, D15 处理的产量相比于 F0 处理增产了 4,062.98 kg/hm²。

过产量 (y) 与施肥深度 (x) 曲线拟合, 得到的拟合方程为:

$$y = 2888.79 + 707.50428x - 20.92551x^2 \quad (R^2 = 0.92604)$$

肥料施用深度为 16.91 cm 时进行施肥管理, 能明显增产。

2.2 不同施肥深度对蓝靛果养分含量及养分利用率的影响

2.2.1 施肥深度对蓝靛果植株养分含量的影响

从表 2 中可以看出, 不同处理在终果期叶片和枝条氮、磷、钾的养分含量比盛花期低, 两个时期的叶片氮和磷的养分含量明显高于枝条。盛花期叶片和枝条的氮、磷、钾养分含量随着施肥深度的增加呈先增后减的变化趋势, 终果期与盛花期变化趋势基本一致, 两个时期均以 D15 处理的养分含量最大。叶片氮素的含量最大, 其次是钾素, 磷素相对最小。整体而言, 在盛花期各

施肥处理与不施肥 F0 处理相比，叶片和枝条的氮、磷、钾含量均有所增加，且差异显著（ $P<0.05$ ）。

表 2 施肥深度对蓝靛果植株不同时期养分吸收的影响

时期	处理	叶片, g/kg			枝条, g/kg		
		N	P	K	N	P	K
盛花期	F0	15.85±0.11e	0.78±0.02c	4.82±0.01e	4.12±0.01d	0.41±0.01d	6.90±0.03d
	D5	17.51±0.01c	0.82±0.02b	7.52±0.02c	5.58±0.04b	0.57±0.03b	9.22±0.02b
	D10	19.09±0.01b	0.87±0.02a	8.51±0.01b	5.61±0.01b	0.59±0.01ab	9.23±0.03b
	D15	20.76±0.14a	0.90±0.01a	10.11±0.09a	5.91±0.01a	0.62±0.02a	10.46±0.03a
	D30	16.53±0.03d	0.81±0.01bc	7.08±0.07d	4.90±0.08c	0.49±0.01c	8.15±0.13c
终果期	F0	14.27±0.12e	0.61±0.02d	3.51±0.01e	1.40±0.01d	0.41±0.01b	3.21±0.01e
	D5	14.99±0.01d	0.69±0.01c	3.61±0.01d	1.59±0.02c	0.42±0.02b	3.34±0.03d
	D10	17.32±0.02b	0.81±0.05b	3.92±0.01b	1.87±0.02b	0.48±0.02a	3.92±0.01b
	D15	18.69±0.01a	0.93±0.02a	4.07±0.06a	2.63±0.02a	0.49±0.01a	4.21±0.01a
	D30	15.98±0.18c	0.79±0.01b	3.73±0.03c	1.62±0.02c	0.43±0.02b	3.53±0.03c

终果期叶片和枝条的养分含量也以 D15 处理为最大，其次是 D10 处理。整体而言，在终果期各施肥处理与不施肥 F0 处理相比，叶片和枝条的氮、磷、钾含量均有所增加，且差异显著（ $P<0.05$ ）。综上分析可知，适宜的施肥深度能够加强蓝靛果不同时期植株对养分的吸收，氮素的积累增幅主要集中在叶片。

2.2.2 施肥深度对蓝靛果果实养分含量的影响

2.2.2.1 施肥深度对果实氮含量的影响

从图 1 可以看出，各施肥处理中 D5 处理为蓝靛果果实氮含量最低值。果实氮含量在 D15 处理达到最高值，但随着施肥深度的进一步加深，D30 处理的果实氮含量有所下降，与 D15 处理相比下降了 33.72%，表明施肥深度不宜过深。整体而言，各施肥处理较不施肥 F0 处理果实氮含量有所提高，D15 处理与 F0 处理相比差异显著（ $P<0.05$ ）。

2.2.2.2 施肥深度对果实磷含量的影响

从图 2 可以看出，D15 处理的果实磷含量相对最高，达 0.59 g/kg，较 D5 处理显著提高了 28.26 %（ $P<0.05$ ）；随着施肥深度的进一步加深，D30 处理

较 D15 处理下降了 10.17%，差异显著 ($P<0.05$)。整体而言，各施肥处理较不施肥 F0 处理果实磷含量有所增加，D15 处理与 F0 处理相比分别增加了 31.82%，差异显著 ($P<0.05$)。

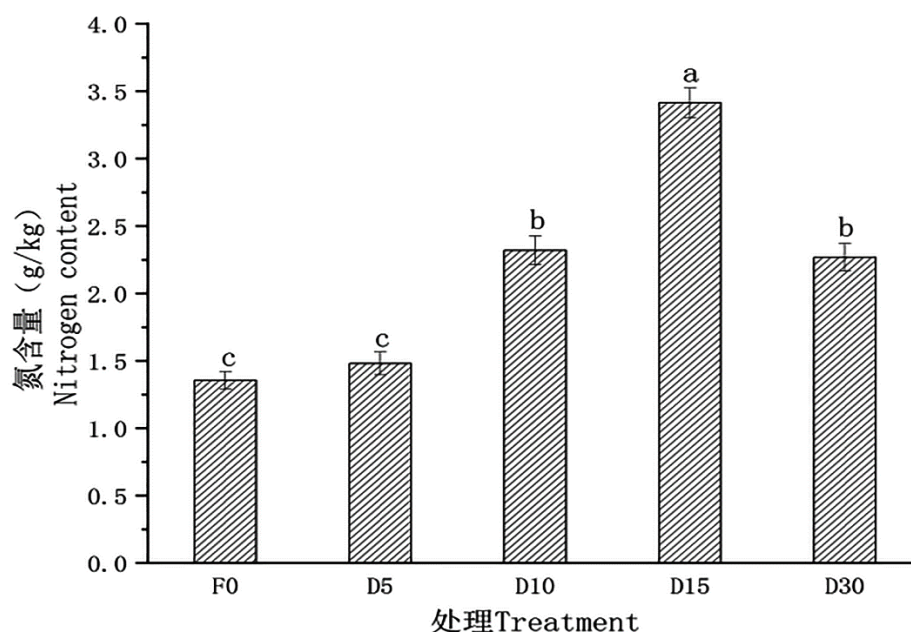


图 1 施肥深度对蓝靛果果实氮含量的影响

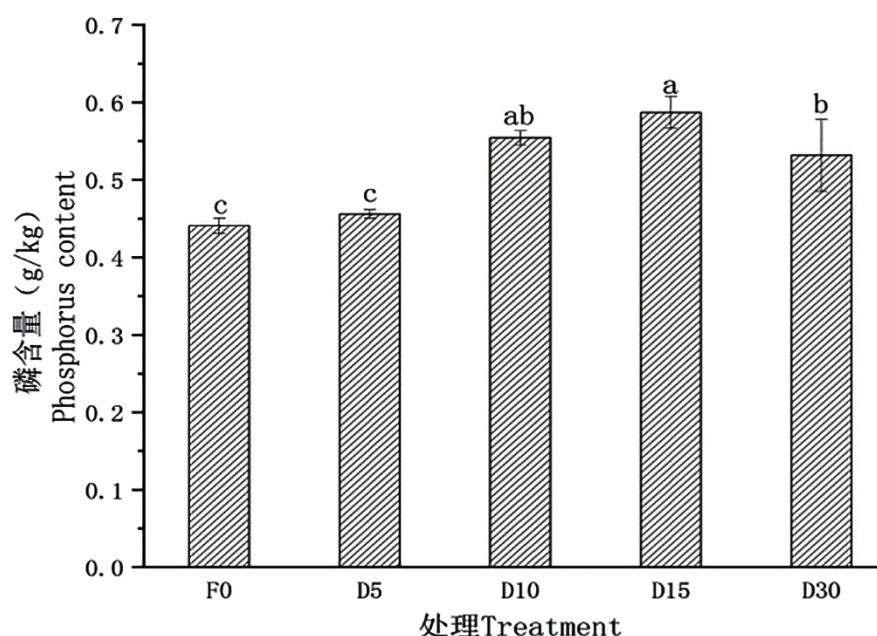


图 2 施肥深度对蓝靛果果实磷含量的影响

2.2.2.3 施肥深度对果实钾含量的影响

从图 3 可以看出，D15 处理的果实钾含量增加最大，较 D5 处理提高了

10.31%。D30 处理的果实钾含量与 D15 相比，有一定下降，减少了 9.34%，且差异显著（ $P<0.05$ ）。整体而言，各施肥处理较不施肥 F0 处理果实钾含量有所增加，D15 处理与 F0 处理相比增加了 14.54%，差异显著（ $P<0.05$ ）。

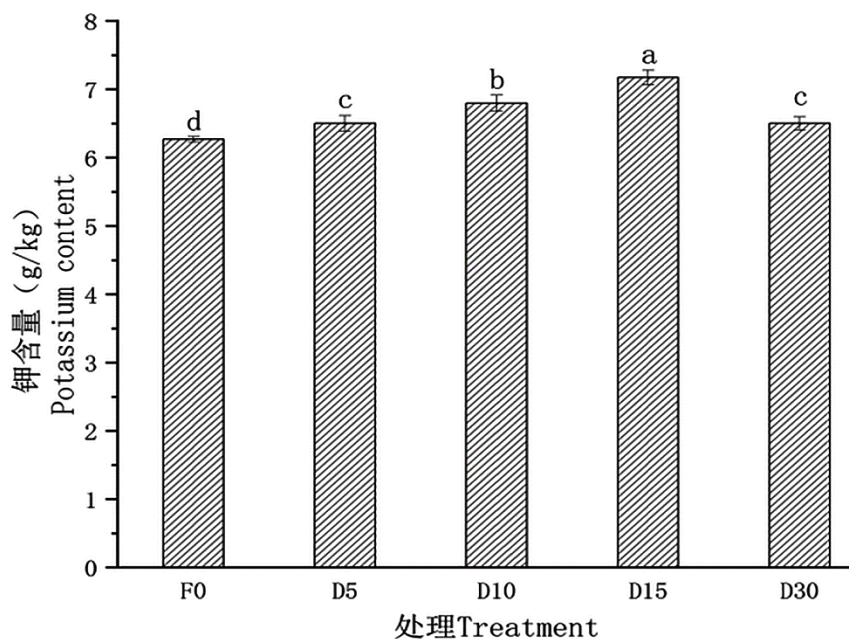


图 3 施肥深度对蓝靛果果实钾含量的影响

2.2.3 施肥深度对蓝靛果果实养分利用率的影响

果实对钾的利用率最低，果实对氮的利用率最高。D5、D10、D15、D30 处理蓝靛果果实对氮的利用率分别为 1.06%、4.87%、12.16%、2.43%，差异显著（ $P<0.05$ ）。D15 处理果实磷的利用率最高为 6.27%，D30 深层施肥处理养分利用率最低为 1.03%。蓝靛果果实钾的利用率在 D15 处理时高于 D5 表层施肥处理和 D30 深层施肥处理，均差异显著（ $P<0.05$ ），深层施肥 D30 处理利用率最低。

2.3 不同施肥深度对蓝靛果根系分布及土壤养分含量的影响

2.3.1 施肥深度对蓝靛果根系分布的影响

为不同施肥处理下根长二维分布特性图。在不同施肥深度处理下，蓝靛果根长随着水平距离的扩大和垂直距离的增加呈减小的趋势，根系主要分布

在 0~20 cm 土层范围内。在水平距离 30 cm，垂向距离 0~20 cm 土层中，D15 处理蓝靛果根系长度与 D30 处理相比提高了 83.20 %；在 0~20 cm 土层附近施肥，蓝靛果根长有增大的趋势，不同土层根系长度在 D15 处理根长均为最长，各土层在 D30 处理时根系长度最短。

2.3.2 不同施肥深度对土壤养分含量的影响

从表 3 可以看出，土壤速效氮、速效钾、有效磷含量随着采样深度增加，整体呈现逐渐下降的趋势，养分主要集中在 0~20 cm 的土层。0~20 cm 土层的速效氮含量在 D15 处理最大，显著高于 D5 和 D30 处理（ $P<0.05$ ）；在 20~40 cm、40~60 cm 土层，D30 处理的速效氮含量最高，显著高于其他施肥处理（ $P<0.05$ ）；F0 处理在各土层的速效氮含量均低于各施肥处理，且差异显著（ $P<0.05$ ）。

表 3 施肥深度对果园剖面土壤养分含量的影响

项目	采样深度, cm	F0	D5	D10	D15	D30
速效氮, mg/g	0-20	0.52±0.07c	1.27±0.25b	1.76±0.26a	2.08±0.06a	1.18±0.02b
	20-40	0.41±0.08c	0.65±0.12b	0.77±0.17b	0.85±0.06b	1.38±0.04a
	40-60	0.22±0.05c	0.30±0.16c	0.41±0.15bc	0.59±0.09ab	0.67±0.01a
速效钾, mg/kg	0-20	10.78±0.65b	12.43±0.39a	12.77±0.07a	12.82±0.89a	12.07±0.47a
	20-40	8.15±0.07c	8.53±0.19b	8.70±0.03ab	8.76±0.27ab	8.87±0.12a
	40-60	7.34±0.26c	7.43±0.18bc	7.65±0.13bc	7.75±0.11ab	8.07±0.15a
有效磷, mg/g	0-20	0.07±0.02b	0.25±0.11a	0.12±0.11ab	0.08±0.02b	0.07±0.02b
	20-40	0.04±0.01a	0.04±0.03a	0.05±0.02a	0.08±0.03a	0.14±0.11a
	40-60	0.01±0.01a	0.01±0.01a	0.02±0.01a	0.03±0.03a	0.03±0.03a

0~20 cm 土层中，D15 处理的土壤速效钾含量最高，比 D5 处理高 3.14%，比 D30 处理高 6.21%，各施肥处理间差异不显著（ $P>0.05$ ），但均显著高于不施肥 F0 处理（ $P<0.05$ ）；20~40 cm、40~60 cm 土层中，D30 处理的土壤速效钾含量最高。F0 处理速效钾含量显著低于 D15 处理和 D30 处理（ $P<0.05$ ）。

从表 3 还可以看出，0~20 cm 土层的有效磷含量随着施肥深度的增加逐渐降低。D30 处理的土壤有效磷含量比 D5 处理低 72.00%，F0 处理比 D5、D10、

D15 处理分别低 72.00%、41.67%、12.50%；20~40 cm、40~60 cm 土层中，各处理间土壤有效磷含量差异不显著（ $P>0.05$ ），以 D30 处理的含量最大。

3 结论

1. 肥料施用在 15 cm 深度能够有效增加蓝靛果的产量和单果重，产量为 9216.55 kg/hm²，通过拟合方程得出施肥深度在 16.91 cm 时能明显增产。

2. D15 处理对蓝靛果树体以及果实氮、磷、钾的含量具有显著影响，显著高于表层 5 cm 和 30 cm 深层施肥（ $P<0.05$ ）。蓝靛果盛花期叶片、枝条的养分含量大于终果期，两个时期的叶片氮和磷的养分含量明显高于枝条。施肥深度为 15 cm 时，蓝靛果果实对氮、磷、钾的利用率最高。

3. 蓝靛果吸收养分的根系在 0~20 cm 数量较多，40~60 cm 处根系数量较少。0~20 cm 土层 D15 处理根系最长。对 0~20 cm 土层速效氮、有效磷、速效钾积累影响较大的为 D15 处理，对深层 20~40 cm、40~60 cm 土层速效氮、有效磷、速效钾积累影响最大的处理为 D30 处理。

参考文献

1. 周以良，董世林，聂绍荃. 黑龙江树木志. 黑龙江科学技术出版社，1986.
2. 王秀锁，孙秀殿，白艳春. 蓝靛果的利用及栽培. 特种经济动植物，2002;06:34.
3. Senica M., Stampar F., Mikulic-Petkovsek M. Blue honeysuckle (*Lonicera caerulea* L. subs. *edulis*) berry. A rich source of some nutrients and their differences among four different cultivars. *Scientia Horticulture*, 2018;238:215.
4. 王平生，祁维红，鲁涛林. 施肥深度对高海拔区核桃产量及生长发育的影响. 甘肃农业科技，2020;06:45–49.
5. 汪新颖，周志霞，王玉莲. 不同施肥深度红地球葡萄对¹⁵N的吸收、分配与利用特性. 植物营养与肥料学报，2016;22(03):776–785.
6. 王夏晖，刘军，王益权. 不同施肥方式下土壤氮素的运移特征研究. 土壤通报，2002;03:202–206.
7. 邓穗生，洪彩香. 靛酚蓝比色法测定植物全氮含量方法的改进. 热带

农业科学, 2013;33(04):5–7,29.

8. 刘云霞, 温云杰, 黄金莉. AA3 型连续流动分析仪与钒钼黄比色法测定玉米植株全磷含量之比较. 农业资源与环境学报, 2015;32(06):577–582.

9. 哈丽旦·阿不力孜. 采用火焰光度计测定葡萄植株样中全钾. 新疆农业科技, 2012;02:36.

10. 端爱玲, 韩张雄, 黄艳. 靛酚蓝比色法测定土壤中铵态氮注意事项. 当代化工, 2021;50(12):2861–2864.

11. 苗杰. 紫外分光光度法测定土壤硝态氮校正因数的修正, 内蒙古农业大学, 2019.

12. 叶祥盛, 童军, 赵竹青. 流动注射分析法与钼锑抗比色法分析土壤有效磷含量的比较. 河北农业科学, 2011;15(01):160–164.

13. 张乃凤. 土壤速效钾的测定—醋酸铵浸提、火焰光度计测定法. 土壤肥料, 1974;01:33–35.

© 魏嘉, 李佳成, 霍俊伟, 李威, 田树新, 白卉, 2024