

株距·磷肥·钾肥对蓝蓟生长发育·光合特性的影响

王楠, 徐惠风*, 高志新, 侯威, 冯政东, 魏龙雪 (吉林农业大学农学院, 吉林长春 130118)

摘要 [目的]为探究不同栽培方法对蓝蓟生长及光合特性的影响。[方法]采用3因素3水平的大田正交试验,研究不同株距(T)、磷(P)、钾(K)组合对蓝蓟幼苗期生长发育及光合特性的影响。[结果]蓝蓟生长的最适株距为 T_2 (40 cm),磷、钾配比为 $P_2:K_1=2:1$ 。三因素中,磷肥对蓝蓟生长的影响较大,尤其对株高有显著影响;株距对蓝蓟光合特性的影响最大,对 P_n (净光合速率)、 Tr (蒸腾速率)、 C_i (胞间 CO_2 浓度)的影响均达0.05显著水平;钾肥对气孔导度(G_s)、叶绿素总量、叶绿素a含量的影响也均达0.05显著水平。[结论]适宜的株距以及磷、钾营养合理配施能有效改善蓝蓟光合特性,促进其幼苗期的生长发育。

关键词 蓝蓟;株距;磷肥;钾肥;光合特性

中图分类号 S604 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2013)31-12295-03

Effects of Planting Distance, Phosphorus and Potassium on Growth and Photosynthetic Characteristics of *Echium vulgare* L.

WANG Nan et al (College of Agronomy, Jilin Agricultural University, Changchun, Jilin 130118)

Abstract [Objective]The research aimed to explore the effects of different cultivation methods on growth and photosynthetic characteristics of *Echium vulgare* L. [Method]The ornamental experimental design with three factors including planting distance (T), phosphorus (P) and potassium (K) at three levels were arranged. The effects of different combinations on growth and photosynthetic characteristics of *Echium vulgare* L were studied. [Result]The optimum planting distance was T_2 (40 cm), and the best phosphorus and potassium ratio was $P_2:K_1=2:1$. Among three factors, P was the most important factor influencing the growth and the development of *Echium vulgare* L., especially to the height of plant. The photosynthetic characteristics of *Echium vulgare* L. including P_n (net photosynthesis rate), C_i (intercellular CO_2 concentration), Tr (transpiration rate) were remarkably affected by planting distance. The effects of potassium on stomatal conductance (G_s), chlorophyll a and chlorophyll a + b were significant. [Conclusion]Suitable planting distance and phosphorus, potassium fertilizer could reasonably improve photosynthetic characteristics and promote seedling growth and development of *Echium vulgare* L.

Key words *Echium vulgare* L.; Planting distance; Phosphate; Potash; Photosynthetic characteristics

蓝蓟(*Echium vulgare* L.)既是一种油料作物又是一种观赏植物,具有很高的经济价值和观赏价值^[1-2]。其种子中含油率达27.5%,主要由硬脂酸(SDA)、 γ -亚麻酸(GLA)、 α -亚麻酸及亚油酸等多种脂肪酸构成^[3]。SDA是护肤品的主要成分,能促进细胞再生,使皮肤保持弹性和紧致;GLA可以调控人体免疫系统功能、生殖系统功能以及皮肤系统功能,因此蓝蓟被人们称为保健美容的佳品^[4]。

蓝蓟是近年才引起人们关注的植物。目前关于蓝蓟的研究主要集中在组织培养和快速繁殖等方面^[5],但在大田生产方面蓝蓟依靠种子繁殖,人们对其生长特性和光合机理的研究几乎处于空白状态,所以对蓝蓟大田栽培措施的研究显得尤为重要。

光合作用是作物生成产量的根源,其中有90%以上的干物质源于光合生产^[6]。采取适当的栽培管理措施,能有效提高植物的光合能力,进而提高产量^[7]。徐惠风等^[8]研究表明,影响蓝蓟生长发育主要有株距、磷肥、钾肥3个因素,但其研究仅限于单一因素对蓝蓟生长的影响。在此基础上,笔者探讨了3个因素相互作用下蓝蓟生长和光合速率的变化。

以蓝蓟为材料,在春季进行不同株距条件下磷肥、钾肥不同施肥量配比试验,观察其生长发育特征,并明确不同株距及不同营养条件对植株幼苗阶段光合特性的影响,探讨蓝蓟生长的最适株距及磷钾肥的最适用量,以期对蓝蓟的优

质、高油、高效栽培提供一定的理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计 试验在吉林省公主岭市怀德试验基地进行。该区属于中温带湿润地区,历年平均风速3.9 m/s,年平均气温5.6℃,年平均降水量594.8 mm,无霜期144 d。供试土壤为偏碱土,速效磷含量31.62 mg/kg,速效钾含量142.31 mg/kg, pH 7.2。供试蓝蓟种子由长春金源种子公司提供。试验设置株距(T)、磷肥(P)、钾肥(K)3个因素,每个因素3个水平,采用 $L_9(3^4)$ 正交表设计(表1),共9个处理,分别为 $L_1(T_1P_1K_1)$ 、 $L_2(T_1P_2K_2)$ 、 $L_3(T_1P_3K_3)$ 、 $L_4(T_2P_1K_2)$ 、 $L_5(T_2P_2K_3)$ 、 $L_6(T_2P_3K_1)$ 、 $L_7(T_3P_1K_3)$ 、 $L_8(T_3P_2K_1)$ 、 $L_9(T_3P_3K_2)$ 。每个处理种植5垄,垄长5 m,垄宽0.65 m,1 m过道,2垄保护行,3次重复。

表1 $L_9(3^4)$ 正交试验因素与水平

水平	因素		
	T//cm	P//kg/hm ²	K//kg/hm ²
1	30	80	60
2	40	120	90
3	50	160	120

5月12日播种,条播。苗出土长至10 cm左右时,进行第1次间苗。为保证成活率,先不做株距处理,每5 cm内保留2~3棵幼苗,待苗长至20 cm高时再按株距要求进行间苗,以得到相应的株距水平。不同配比的磷钾肥分2次施入,其中50%在播种前作为底肥施入,剩余肥料在间苗后作追肥施入。正常田间管理。

1.2 测定项目及方法

1.2.1 生物量的测定。在幼苗期采集样本,每个处理随机选取3株,用冷藏箱保存,并迅速带回实验室测定生物量。

基金项目 吉林省科技厅基础应用项目(201105070);吉林省科技厅农村处2013重点项目;吉林省教育厅重大项目(201240)。

作者简介 王楠(1987-),女,吉林长春人,硕士研究生,研究方向:作物栽培生理。*通讯作者,副教授,博士,从事作物栽培生理、生态环境方面的研究。

收稿日期 2013-09-02

用去离子水将叶片、根系表面的灰尘洗净,避免损伤植株,再用吸水纸充分吸干水分。用米尺准确测量株高、叶长、叶宽,然后将整个植株放于 105 ℃ 的通风烘干箱中杀青 15 min 后调至 80 ℃ 烘干至恒重,称其干重。叶面积根据公式计算:

$$\text{叶面积} = 0.75 \times \text{叶长} \times \text{叶宽}$$

1.2.2 光合特性指标的测定。用 Li-6400 便携式光合作用测定仪(LI-COR 公司),固定红蓝光源,光照强度为 1 200 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,在上午 9:30 ~ 10:30 分别测定 9 个处理的蓝莓叶片的 Tr (蒸腾速率)、 Pn (净光合速率)、 C_i (胞间 CO_2 浓度)、 G_s (气孔导度)。选取大小相似且完整展开的上部功能叶片,测定,3 次重复。

1.2.3 叶绿素含量的测定。在每个处理取样后,提取叶绿素,并且测定其含量^[9]。

1.3 数据分析 文中所有数据均为 3 次重复的平均值。多重比较采用 SSR 法。数据分析采用 Excel 2003 和 DPS v7.05 数据处理。

2 结果与分析

2.1 不同株距、磷肥、钾肥对蓝莓形状指标的影响 由表 2 可知,株距和磷钾三因素在供试水平范围内对蓝莓的叶面积、叶干重、根干重均无显著影响,但对株高的影响差异明显,尤其是磷肥最显著,其次是钾肥,株距影响较小。具体表现为:在不同株距水平下,株高、叶面积、叶干重和根干重的差异均不明显。随着磷肥用量的增加,蓝莓株高呈单峰曲线变化,并以 P_2 水平有最大值 24.49 cm, P_2 水平株高比 P_1 在 0.01 水平显著增加 13.59%; 随着施钾水平的增加,蓝莓株高呈线性增加,并且以 K_1 水平值最大,比 K_2 水平显著增加 7.22%。从表 2 还可以看出,当株距在 T_2 水平(40 cm),磷肥在 P_2 水平(120 kg/hm^2),钾肥在 K_1 水平(60 kg/hm^2)时,蓝莓生长表现最好,此时株高、叶面积、叶干重以及根干重均达最大值。由此可知,蓝莓生长的最优组合为 $T_2P_2K_1$ 。

表 2 不同处理对蓝莓性状指标影响的多重比较

因素	各水平平均值、极差性	株高	叶面积	叶干重	根干重
T	k_1	21.14 b	46.82 cd	1.89 d	0.22 bc
	k_2	22.71 ab	49.28 cd	2.21 d	0.17 c
	k_3	22.35 b	52.71 bc	2.96 d	0.31 c
	R	1.57	5.91	1.07	0.14
P	k_1	21.16 c	50.27 ab	2.20 bc	0.18 d
	k_2	24.49 b	50.24 bc	2.52 c	0.25 d
	k_3	20.56 c	48.32 bc	2.35 c	0.25 d
	R	3.93	1.95	0.32	0.07
K	k_1	23.67 c	48.81 abc	2.01 bc	0.20 a
	k_2	21.96 b	46.78 c	2.06 b	0.23 a
	k_3	20.57 bc	51.23 abc	2.99 b	0.27 a
	R	3.10	4.45	0.98	0.07

注:不同小写字母表示处理间的差异在 0.05 水平显著;1 ~ 3 分别为 k_1, k_2, k_3 水平的平均值;R 为它们间的极差值。

2.2 不同株距、磷肥、钾肥水平对蓝莓光合特性的影响

2.2.1 净光合速率。由表 3 中极差值(R)可知,对蓝莓叶片净光合速率影响最大的是株距,其次是磷肥,钾肥的影响最

小,表明株距对苗期蓝莓光合作用的影响最大。方差分析表明,不同株距水平对净光合速率的影响差异显著($P < 0.05$),并以 T_2 水平时最大(28.48 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$),叶片净光合速率随着株距的增加呈先增加后减弱,说明适宜的株间距可以提高光合速率。有研究表明,株距的不同会导致植株光合面积的差异。适宜的株距有助于群体叶面积指数的正常扩展,使得植株保持较高的光合速率,并且促进产量的提高^[10]。而不同磷肥用量对蓝莓叶片净光合速率的影响表现为 P_1 和 P_2 间差异达 0.05 显著水平, P_2 和 P_3 间差异不明显;不同钾肥用量对蓝莓叶片净光合速率的影响表现为 K_1 和 K_2 间差异不显著,但 K_2 和 K_3 间存在 0.05 显著水平差异。

2.2.2 气孔导度。气孔是水分和 CO_2 进出的通道,具有调节光合和蒸腾速率的作用^[11]。由表 3 可知,不同株距、磷肥、钾肥水平的 R 值均较小,说明三因素对蓝莓气孔导度的影响较小。方差分析表明,钾肥对蓝莓叶片的气孔导度有着显著影响($P < 0.05$),并且随着钾肥用量的增加,蓝莓叶片气孔导度值逐渐降低,即 K_1 水平为最大(0.70 $\text{mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$), K_3 水平最小, K_1 与 K_3 间差异在 0.05 水平显著。这说明钾肥施用量的减少有助于蓝莓叶片气孔导度的提高,而不同株距和磷肥用量对蓝莓气孔导度的影响差异不显著。

2.2.3 胞间 CO_2 浓度。表 3 中的极差分析表明,对蓝莓叶片胞间 CO_2 浓度影响最大的是株距,磷肥次之,钾肥的影响最小。由方差分析可知,株距、磷肥以及钾肥三因素对蓝莓胞间 CO_2 浓度的影响均达 0.05 显著水平,但变化趋势各有不同,具体表现为 T_1 水平蓝莓叶片的胞间 CO_2 浓度最高,并且随着株距的增加呈先下降后上升,钾肥的变化趋势与之一致,但磷肥的变化趋势正好相反,即最佳组合为 $T_1P_2K_1$ 。

2.2.4 蒸腾速率。由表 3 可知,株距对蓝莓叶片蒸腾速率的影响最大,磷肥和钾肥的 R 值均小于 1,说明磷肥和钾肥对蓝莓蒸腾速率的影响较小。通过对 3 个因素进行方差分析,发现株距对蓝莓蒸腾速率的影响达 0.05 显著水平,且随着株距的增加蒸腾速率呈先增加后减弱,而蒸腾作用的强弱是由蒸腾速率的大小所决定的,既可反映植物水分代谢情况,又可评价植株的光合能力,表明适宜的株距有利于蓝莓光合速率的提高,而磷肥、钾肥各水平间均无显著差异。

表 3 不同处理对蓝莓光合作用影响的多重比较

因素	各水平平均值、极差性	净光合速率	气孔导度	胞间 CO_2 浓度	蒸腾速率
T	k_1	26.57 b	0.68 a	289.62 c	7.66 c
	k_2	28.48 a	0.64 a	278.85 cd	9.73 a
	k_3	26.42 ab	0.67 a	287.69 de	8.73 b
	R	1.68	0.04	10.77	2.07
P	k_1	27.29 ab	0.63 a	282.19 a	8.49 b
	k_2	27.67 b	0.71 a	288.35 ab	8.45 b
	k_3	26.89 b	0.65 a	285.61 abc	8.68 b
	R	0.78	0.08	6.16	0.23
K	k_1	26.07 ab	0.70 a	288.12 ab	8.69 b
	k_2	27.55 ab	0.69 ab	282.02 a	8.85 b
	k_3	28.23 a	0.60 b	286.02 abc	8.59 b
	R	0.68	0.10	2.10	0.26

注:不同小写字母表示处理间的差异在 0.05 水平显著;1 ~ 3 分别为 k_1, k_2, k_3 水平的平均值;R 为它们间的极差值。

2.3 不同株距、磷肥、钾肥水平对蓝莓叶片叶绿素含量的影响 由表 4 可知,在供试因素梯度内,钾肥对蓝莓叶绿素的影响最大,其次为株距,磷肥为最小。经方差分析,发现蓝莓叶片叶绿素 a、叶绿素总量受钾肥的影响差异达 0.05 显著水平;磷肥和株距对叶绿素总量、叶绿素 a、叶绿素 b 的影响均不显著。此外,经多重对比,发现叶绿素总量、叶绿素 a、叶绿素 b 含量在 K_1 水平时最大,并且随着钾肥施用量的增加叶绿素含量均呈逐渐下降,说明钾肥是影响蓝莓叶绿素含量的关键因素,钾肥施用量过多不利于叶绿素含量的提高,并且会对植株光合作用产生一定的影响。

表 4 不同处理对蓝莓叶绿素影响的多重比较

因素	各水平平均值、 极差性	叶绿素 a	叶绿素 b	叶绿素总量	叶绿素 a/b
T	k_1	1.55 b	0.57 a	1.95 b	3.21 b
	k_2	1.70 b	0.55 a	2.19 b	2.99 b
	k_3	2.02 b	0.62 a	2.33 b	3.07 b
	R	0.47	0.07	0.38	0.22
P	k_1	1.73 b	0.56 a	2.17 b	3.03 b
	k_2	1.90 b	0.60 a	2.21 b	3.00 b
	k_3	1.64 b	0.58 a	2.14 b	3.23 b
	R	0.26	0.04	0.37	0.23
K	k_1	2.11 a	0.63 a	2.46 a	3.63 a
	k_2	1.61 b	0.60 a	2.30 b	2.95 b
	k_3	1.56 b	0.51 a	2.06 b	2.69 b
	R	0.55	0.12	0.40	0.94

注:不同小写字母表示处理间的差异在 0.05 水平显著;1~3 分别为 k_1, k_2, k_3 水平的平均值;R 为它们间的极差值。

3 讨论

研究表明,促进蓝莓幼苗发育、光合效率的最佳株距为 T_2 (40 cm),磷、钾配比($P_2:K_1$)为 2:1。在株距和磷、钾 3 个因素中,对蓝莓生长影响最大的是磷肥,尤其对株高的影响达到 0.05 显著水平;但是,对其光合性能影响最大的是株距,株距过小或者过大均不利于提高植株的光合能力。

植物的光合作用是一个极其复杂的生理过程,且极易受环境条件的影响^[12-14]。随着栽培株距的增加,蓝莓光合速率呈先升高后降低的趋势,且各水平间差异在 0.05 水平显著,原因可能是株距较小,阻碍蓝莓的生长,相互遮荫,通风透光差,从而降低光合速率,而株距过大会使植株更易倒伏,影响生长,并且减少群体叶面积,不能充分利用太阳辐射能。有研究表明,通过合理密植可达到最适的光合面积,充分利用光能,能提高作物群体的光能利用率^[15]。

气孔限制和非气孔限制因素是影响光合作用的原因之一^[16]。研究表明,随着株距的增加,气孔导度变化较小,胞

间 CO_2 浓度呈先下降后上升,但光合速率和蒸腾速率呈先升高后降低的趋势,说明非气孔限制因素占主导作用。

该试验表明,叶绿素含量受钾肥的影响最大。其中,对叶绿素总量、叶绿素 a 含量的影响差异均呈现 0.05 显著水平,并且随着施钾水平的提高,叶绿素总量、叶绿素 a 含量均逐渐下降,说明适宜水平的钾肥对叶绿素的积累有利,从而提升植株的光合能力。钟启文等^[17]认为,植物的生长参数和光合能力有一定的联系。该试验与其一致,即适宜的株距能够促进蓝莓的生长,并且使得植株保持较高的光合能力。蓝莓的生长参数和光合能力确实有一定的联系,但二者之间的机理还需更深的研究。综上所述,适宜的株距、磷、钾配比可以增加蓝莓的光合速率,通过对光合速率的增加,促进蓝莓幼苗生长发育。该试验仅限于不同株距、磷肥、钾肥配比对蓝莓的初步探讨,就蓝莓栽培方法、施肥量等对其种子产油量的影响仍需进一步研究,从而为蓝莓高产作出一定的理论指导。

参考文献

- [1] 董杰明,吴瑞华,袁昌鲁,等. γ -亚麻酸的保健作用[J]. 卫生研究,2003(3):77-82.
- [2] 徐润娟. γ -亚麻酸的药理作用、开发及应用[J]. 交通医学,2006(4):56-58.
- [3] 李冀新,张超,罗小玲. α -亚麻酸研究进展[J]. 粮食与油脂,2006(2):33-35.
- [4] 司秉坤,赵余庆. 不同产地亚麻子中 α -亚麻酸和亚油酸含量测定[J]. 中药研究与信息,2005(3):68-69.
- [5] 吴月亮. 蓝莓的组织培养与快速繁殖[J]. 植物生理学通讯,2008,44(2):304-305.
- [6] 徐世昌,戴俊英,沈秀瑛,等. 水分胁迫对玉米光合性能及产量的影响[J]. 作物学报,1996,23(3):356-363.
- [7] 罗青红,史彦江,宋锋慧,等. 盐碱地杂交榛光合作用日变化及其与环境因子的关系[J]. 果树学报,2013,30(4):627-633.
- [8] 徐惠风,高志新,侯薇,等. 水分、pH、光照对蓝莓生长性状及产量的影响研究[J]. 灌溉排水学报,2011,30(3):140-142.
- [9] 张宪政. 作物生理研究法[M]. 北京:农业出版社,1992.
- [10] 张胜爱,郝秀钗,王志辉,等. 夏玉米行距与株距交互作用对产量及产量构成的影响[J]. 中国农学通报,2013,29(21):51-56.
- [11] 卫新菊,贾志宽,韩清芳,等. 施肥对紫花苜蓿分枝期光合特性的影响[J]. 中国农学通报,2006,12(12):77-83.
- [12] 薛青武,陈培元. 灌浆期土壤干旱条件下氮素营养对小麦旗叶光合作用的影响[J]. 干旱地区农业研究,1989(3):86-93.
- [13] 邵玺文,韩梅,韩忠明,等. 不同生境条件下黄芩光合日变化与环境因子的关系[J]. 生态学报,2009,29(3):1470-1477.
- [14] BERRY J A, DOWNTON W J S. Environmental regulation of photosynthesis[C]//GOVIND J. Photosynthesis (Vol. III). New York: Academic Press, 1982:263-345.
- [15] 余叔文,王章城. 植物生理与分子生物学[M]. 北京:科学出版社,1998:262.
- [16] 梁志霞,宋同清,曾骥平,等. 氮素和刈割对桂牧 1 号杂交象草光合特性、产量和品质影响[J]. 生态学杂志,2013,32(8):2008-2014.
- [17] 钟启文,王怡,李莉,等. 菊芋生长发育动态及光合性能指标变化研究[J]. 西北植物学报,2007,27(9):1843-1848.

(上接第 12294 页)

- [10] 江荣风,张起刚,张福锁. 施硼对花生利用氮素的影响[J]. 北京农业大学学报,1994,20(2):218-222.
- [11] 余常兵,李志玉,廖伯寿,等. 湖北省花生平衡施肥技术研究 I. 土壤主要养分限制因子[J]. 湖北农业科学,2009,48(12):2984-2986.

- [12] 胡承孝,王运华,魏文学,等. 钼在冬小麦植株中的分布研究[J]. 华中农业大学学报,2000,19(6):568-572.
- [13] 魏文学,谭启玲,王运华. 冬小麦钼营养与无机养分平衡关系初步研究[J]. 华中农业大学学报,1996,15(5):437-441.