

不同施肥处理对胭脂萝卜主要性状的影响

陈发波¹, 李春明¹, 姚启伦^{1*}, 熊正贵², 方平¹, 周巧佳¹

(1. 长江师范学院生命与科学技术学院, 涪陵 408100; 2. 重庆市黔江区种子管理站, 黔江 409000)

摘要:以5个胭脂萝卜品种为材料, 采用田间试验, 研究不同施肥处理(施磷、施氮、施钾、施氮和钾、施磷和钾、施磷和氮、施氮磷钾及不施肥)对胭脂萝卜成株期主要性状的影响。结果表明, 除色素含量性状外, 不同施肥处理对胭脂萝卜成株期株高、根长、地上部鲜质量、地下部鲜质量、叶绿素含量、丙二醛含量及过氧化物酶活性均有显著影响。不同胭脂萝卜品种有不同的需肥特点。施用氮肥能显著提高胭脂萝卜的株高、地下部鲜重、地上部鲜重和叶绿素含量, 促进胭脂萝卜的生长, 施用磷肥和钾肥对胭脂萝卜主要性状影响不大。在胭脂萝卜施肥中, 应主要施用氮肥, 不施用或少施用磷肥和钾肥, 结合不同品种需肥特性, 施用不同量的氮肥。

关键词:胭脂萝卜; 苗期性状; 施肥处理

中图分类号: S631.1

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X(2016)03-0441-06

Effect of fertilizer treatments on the traits of red radish at the adult stage

CHEN Fabo¹, LI Chunming¹, YAO Qilun¹, XIONG Zhenggui², FANG Ping¹, ZHOU Qiaojia¹

(1. Department of Life Sciences, Yangtze Normal University, Fuling, 408100;

2. Seed Administrative Station of Qianjiang District, Chongqing 408000)

Abstract: A field experiment was carried out to investigate the effects of different fertilizer treatments (P fertilizer, N fertilizer, K fertilizer, N+K fertilizers, P+K fertilizers, P+N fertilizers, P+N+K fertilizers, and no fertilizer application) on the traits of five different red radish varieties at the adult stage. The results indicated that, except for the pigment content, plant height, root length, fresh leaf weight, fresh root weight, chlorophyll content, malondialdehyde content and peroxidase activity were significantly affected. Additionally, different red radish varieties responded differently to different fertilizers. N fertilizer could significantly improve the fresh leaf weight, fresh root weight, and chlorophyll content and promote its growth. However, the effects of P and K fertilizers on the trait development of red radish at the adult stage were not obviously. Therefore, when red radish is cultivated, N fertilizer should be applied, and P and K fertilizers are not used or applied at a lower level. Fertilizer requirement characteristics of individual varieties should be considered when different amount of nitrogen fertilizers are applied.

Key words: red radish; seeding trait; fertilizer treatment

萝卜在我国广泛种植且品种繁多, 其中以胭脂萝卜最为独特。胭脂萝卜, 又名红心萝卜, 以心皮全红、质地脆嫩而著名, 主产重庆市涪陵区, 邻近市县及贵州、四川等省也有栽培^[1]。由于富含花青素, 胭脂萝卜不仅可以作新鲜蔬菜食用, 还可以作为制作泡菜、加工红萝卜干及提取天然色素理想而独特的原料^[2]。研究表明, 通过合理施肥, 可有效

提高萝卜的产量和品质, 并且不同类型的萝卜品种需肥特性存在较大差异^[3-5]。当前, 关于普通萝卜需肥特征的研究较多^[6-11], 但关于胭脂萝卜种植与施肥方面的研究却相对较少, 采用盆栽法初步探讨了氮、磷、钾对胭脂萝卜主要性状的影响^[12-13], 这严重制约了胭脂萝卜的栽培与生产。为此, 本研究分析不同施肥处理对胭脂萝卜苗期主要形态及生理生

收稿日期: 2015-09-12

基金项目: 教育部科技司项目(Z2011143), 重庆市教委科技计划项目(KJ131324)和重庆市涪陵区科委计划项目(FLKJ,2013ABB2064)共同资助。

作者简介: 陈发波, 博士, 副教授。E-mail: chenfabo963@126.com

* 通信作者: 姚启伦, 教授。E-mail: yql641@aliyun.com

化性状的影响,探讨其需肥规律,以期为优质胭脂萝卜的栽培提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料

以红心1号、红心2号、红心3号、V01A1106和红心萝卜生产用种5个胭脂萝卜品种作为供试材料,供试材料均由长江师范学院提供。

1.2 方法

1.2.1 实验设计 于2014年9月至2015年1月在长江师范学院试验地进行田间试验,采用两因素随机区组设计,A因素为不同胭脂萝卜品种,B因素为不同施肥处理,2次重复,每处理种植3行,每行12株,行距50 cm,株距33 cm。设只施磷肥(过磷酸钙)、只施氮肥(尿素)、只施钾肥(氯化钾)、施氮肥和钾肥(施尿素和氯化钾)、施磷肥和钾肥(施过磷酸钙和氯化钾)、施磷肥和氮肥(施过磷酸钙、尿素)、施复合肥(过磷酸钙、尿素和氯化钾)及空白对照(不施肥)8个处理。肥料施用量为尿素1.204 g·株⁻¹、过磷酸钙0.280 g·株⁻¹、氯化钾0.602 g·株⁻¹,分4次施用,施肥时间分别为2014年10月10日、10月26日、11月16日和12月17日,4次施肥量依次占总肥料施用量的10%、20%、50%和20%。2014年9月18日播种,2014年9月25日出苗,出苗后100 d,进行田间性状调查和生理生化指标测定,每个处理取中间10株获取数据资料。

1.2.2 形态性状的测定 挖取完整植株,用水洗净,测定株高、根长、地上部鲜重和地下部鲜重等性状。

1.2.3 叶绿素含量的测定 取新鲜叶片,去掉粗大的叶脉并剪成碎片,称取1 g放入研钵中,并加入80%丙酮5 mL以及少许石英砂和碳酸钙研磨成匀浆,再加入80%丙酮5 mL将匀浆转入离心管,用80%丙酮洗涤研钵,离心后取上清液用80%丙酮定容至10 mL。取提取液1 mL加入80%丙酮4 mL稀释后转入比色皿中,以80%丙酮为对照,测定663 nm、645 nm下的OD值。根据Lambert-Beer法计算叶绿素含量^[15]。叶绿素a含量 C_a (mg·L⁻¹) = $12.21OD_{663\text{ nm}} - 2.81OD_{645\text{ nm}}$, 叶绿素b含量 C_b (mg·L⁻¹) = $20.13OD_{645\text{ nm}} - 5.03OD_{663\text{ nm}}$, 总的叶绿素含量 CT (mg·L⁻¹) = $8.02OD_{663\text{ nm}} + 20.21OD_{645\text{ nm}}$, 叶绿素总量 (mg·g⁻¹) = $CT \times V/W$, $V=0.01\text{ L}$, $W=1\text{ g}$ 。

1.2.4 萝卜红色素含量的测定 (1)标准品溶液配制。柠檬酸16.9580 g、磷酸氢二钠13.5000 g配制成pH 3.0的缓冲液1000 mL。取萝卜红色素0.2052 g,加入1 mL 95%乙醇,用缓冲液定容至100 mL。

(2)待测液配制。取新鲜肉质根清洗、擦干、切成小颗粒充分混匀,立即称取鲜样测定肉质根含水量。余下部分用研磨机获取汁液,4000 r·min⁻¹离心5 min,取1 mL上清液,用缓冲液定容至100 mL。

(3)制作标准曲线。吸取标准品溶液1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12和13 mL,用缓冲液定容至100 mL, $OD_{520\text{ nm}}$ 值绘制标准曲线。

在520 nm处的测定样品OD值,根据下式计算肉质根的萝卜红含量^[14]。新鲜肉质根的萝卜红含量 $C(\%)=v \times y$,其中,汁液容积 v (mL) = 肉质根质量 × 肉质根含水量(%),汁液浓度 y (g·mL⁻¹)由标准曲线的回归方程计算。

1.2.5 丙二醛(MDA)的测定 取1 g胭脂萝卜叶片将其剪碎,加入10%三氯乙酸(CTA)2 mL和少量石英砂研磨,再加入8 mL TCA充分研磨,匀浆液4000 g离心10 min,上清液即为样品提取液。吸取2 mL提取液,加入2 mL 0.6%硫代巴比妥酸溶液(TBA),混匀,再试管上加盖塞,置于沸水浴中煮沸15 min,迅速冷却,离心。去上清液测定532 nm和450 nm处的OD值。对照管以2 mL水代替提取液。MDA与TBA反应产物的最大吸收峰在532 nm, TBA与可溶性糖的反应产物的最大吸收峰在450 nm,吸收曲线彼此又有重叠,根据Lambert-Beer定律,最大吸收光谱峰不同的两组分的混合液,它们的浓度 C 与OD值(A)之间的关系为: $OD_{450\text{ nm}}=C_a \times 85.4$; $OD_{532\text{ nm}}=C_a \times 7.4 + 155000 \times C_b$,其中 C_a 为蔗糖于TBA反应产物的浓度(mol·L⁻¹), C_b 为MDA于TBA反应产物的浓度(mol·L⁻¹)。

1.2.6 过氧化物酶活性的测定 (1)粗酶液的提取。称取植物材料1 g,加5 mL 20 nmol·L⁻¹ KH₂PO₄,研磨成匀浆,4000 r·min⁻¹离心15 min,收集上清液保存在冷处,残渣再用5 mL KH₂PO₄溶液提取1次。

(2)酶活性的测定。取光径1 cm比色杯2只,在1只中加入反应混合液3 mL和KH₂PO₄ 1 mL,作为空白对照,另1只中加入反应混合液3 mL,上述酶液1 mL(若酶活性过高可适当稀释),立即开启秒表计时,于分光光度计470 nm波长下测量OD值,每隔1 min读数一次。以每分钟OD值变化表示酶活性大小,即以 $\Delta OD_{470\text{ nm}}/[\text{min} \cdot \text{mg} \text{ 蛋白质(或鲜重g)}]$ 表示。

1.2.7 数据统计分析 试验数据经Excel进行整理后,用DPS软件进行方差分析,并用Duncan新复极差法进行多重比较。

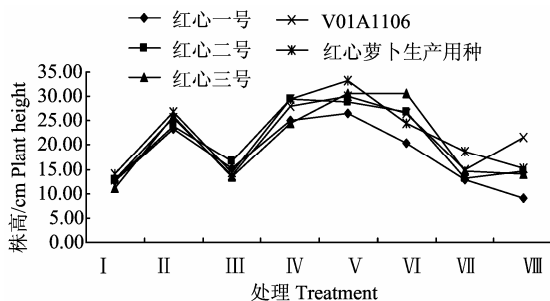
2 结果与分析

2.1 不同施肥处理对胭脂萝卜株高的影响

由方差分析可知, 不同品种间、不同施肥处理间及施肥与品种互作间胭脂萝卜株高均存在极显著差异(表1)。从图1可知, 5个胭脂萝卜平均株高相对空白对照, 施氮磷钾、施氮和钾、施氮和磷、只施氮处理都能明显增加植株的高度, 并且差异均达显著或极显著水平。施磷和钾、只施磷和只施钾处理下, 5个品种平均株高均与空白对照无显著差异, 施用氮肥能明显增加植株的生长, 磷肥和钾肥的施用对胭脂萝卜株高无明显影响。

表1 胭脂萝卜株高性状方差分析

变异来源	平方和	自由度	均方	F
Source of variation	SS	DF	MS	
A 因素间 A factor	223.42	4	55.85	24.85**
B 因素间 B factor	5138.68	7	734.10	326.66**
A×B	451.57	28	16.18	7.18**
误差 Error	175.29	78	2.25	
总变异 Total variation	5990.18	119		



I. 不施肥; II. 施氮磷钾; III. 施磷和钾; IV. 施氮和钾; V. 施氮和磷; VI. 只施氮; VII. 只施磷; VIII. 只施钾。下表同

图1 不同施肥处理对胭脂萝卜苗期株高的影响

Figure 1 Effect of fertilizer application on the plant height of red radish

表2 根长性状方差分析

变异来源	平方和	自由度	均方	F
Source of variation	SS	DF	MS	
A 因素间 A factor	4.25	4	1.06	0.81
B 因素间 B factor	32.70	7	4.67	3.58*
A×B	81.66	28	2.92	2.23*
误差 Error	101.87	78	1.31	
总变异 Total variation	221.43	119		

2.2 不同施肥处理对胭脂萝卜根长的影响

由方差分析表可知, 不同品种间胭脂萝卜根长不存在显著差异, 不同施肥处理间及施肥与品种互

作间胭脂萝卜根长存在显著差异(表2)。从图2可知, 5个胭脂萝卜平均株高相对空白对照, 除红心萝卜生产用种只施钾和只施磷根长增加外, 其他施肥处理后胭脂萝卜根长均有下降的趋势, 但5个品种平均根长相对对照处理没有显著性差异, 说明施用肥料对胭脂萝卜根长的发育有一定抑制作用, 但影响的效果不明显。

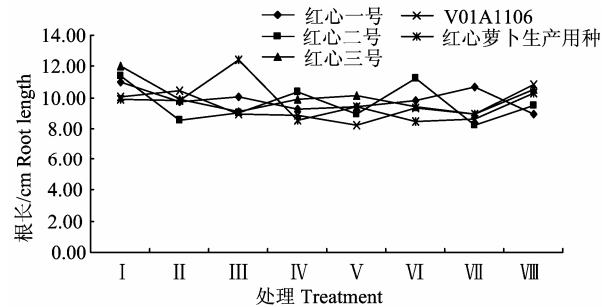


图2 不同施肥处理对胭脂萝卜植株平均根长的影响

Figure 2 Effect of fertilizer application on root length of red radish

2.3 不同施肥处理对胭脂萝卜地上部鲜质量影响

由方差分析可知, 不同品种间、不同施肥处理间及施肥与品种互作间胭脂萝卜地上部鲜重均存在极显著差异(表3)。从图3可知, 5个胭脂萝卜平均株高地上部鲜重相对空白对照, 施氮磷钾、施氮和钾、施氮和磷、只施氮处理都能明显增加植株地上部的重量, 并且差异均达极显著水平。施磷和钾、只施磷和只施钾处理下, 5个品种平均株高均与空白对照无显著差异。说明施用氮肥能明显增加植株地上部鲜重, 施用磷肥和钾肥对胭脂萝卜地上部鲜重影响不明显。

表3 地上部鲜重性状方差分析

变异来源	平方和	自由度	均方	F
Source of variation	SS	DF	MS	
A 因素间 A factor	389.87	4	97.47	30.50**
B 因素间 B factor	10379.87	7	1482.84	464.08**
A×B	1005.65	28	35.92	11.24**
误差 Error	249.23	78	3.20	
总变异 Total variation	12026.40	119		

2.4 不同施肥处理对胭脂萝卜地下部鲜重的影响

由方差分析可知, 不同品种间、不同施肥处理间及施肥与品种互作间胭脂萝卜地下部鲜重均存在极显著差异(表4)。从图4可知, 5个胭脂萝卜平均地下部鲜重相对空白对照, 施氮磷钾、施氮和

钾、施氮和磷、只施氮处理都能明显增加植株地下部的重量，并且差异均达极显著水平，其中施氮和钾增加效果最明显。施磷和钾、只施磷和只施钾处理下的5个品种平均地下部鲜重均与空白对照无显著差异，说明施用氮肥同样能明显增加植株地下部鲜重，施用磷肥和钾肥对胭脂萝卜地下部鲜重无明显影响。

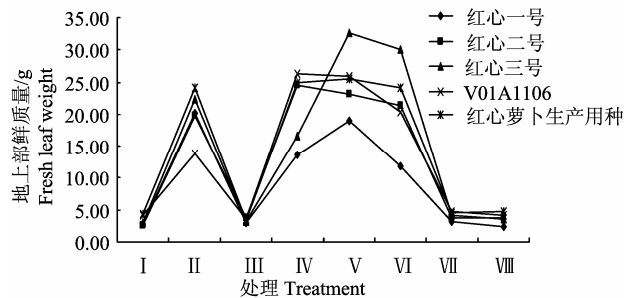


图3 不同施肥处理对胭脂萝卜植株平均地上部鲜质量的影响

Figure 3 Effect of fertilizer application on fresh leaf weight of red radish

表4 地下部鲜重性状方差分析

Table 4 The variance analysis of the fresh root weight in red radish

变异来源	平方和	自由度	均方	F
Source of variation	SS	DF	MS	F
A 因素间 A factor	193.26	4	48.32	4.84**
B 因素间 B factor	1675.36	7	239.34	23.97**
A×B	557.69	28	19.92	1.99**
误差 Error	778.83	78	9.99	
总变异 Total variation	3285.37	119		

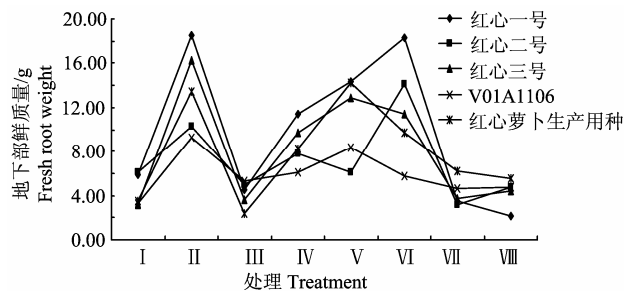


图4 不同施肥处理对胭脂萝卜植株平均地下部鲜质量的影响

Figure 4 Effect of fertilizer treatments on the average fresh root weight of red radish in the underground part

2.5 不同施肥处理对胭脂萝卜叶绿素含量的影响

由方差分析可知，不同品种间、不同施肥处理间及施肥与品种互作间胭脂萝卜叶绿素含量均存在极显著差异（表5）。从图5可知，5个胭脂萝卜平均叶绿素含量相对空白对照，施氮磷钾、施氮和磷处理叶绿素的含量明显增加，且差异均达极显著水

平，只施氮和只施钾处理与空白对照差异不显著，只施磷肥多数品种叶绿素含量显著降低。缺氮和缺磷叶绿素含量显著降低，说明施用氮肥和磷肥能促进胭脂萝卜叶绿素的生物合成，缺氮、缺磷以及只有其中一种元素对胭脂萝卜叶绿素质量浓度都是有不利影响的，钾肥的施用对胭脂萝卜叶绿素含量无明显影响。

表5 叶绿素含量性状方差分析

Table 5 The variance analysis of the chlorophyll content in red radish

变异来源	平方和	自由度	均方	F
Source of variation	SS	DF	MS	F
A 因素间 A factor	0.0003	4	0.0001	1.0021
B 因素间 B factor	0.0005	7	0.0001	0.9311
A×B	0.0021	28	0.0001	1.0134
误差 Error	0.0058	78	0.0001	
总变异 Total variation	0.0089	119		

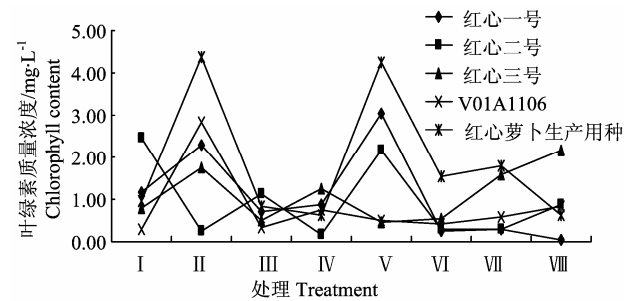


图5 不同施肥处理对胭脂萝卜植株平均叶绿素质量浓度的影响

Figure 5 Effect of fertilizer application on the chlorophyll content in red radish

表6 色素含量性状方差分析

Table 6 The variance analysis of the pigment content in red radish

变异来源	平方和	自由度	均方	F
Source of variation	SS	DF	MS	F
A 因素间 A factor	0.0003	4	0.0001	1.00
B 因素间 B factor	0.0005	7	0.0001	0.93
A×B	0.0021	28	0.0001	1.01
误差 Error	0.0058	78	0.0001	
总变异 Total variation	0.0089	119		

2.6 不同施肥处理对胭脂萝卜色素含量的影响

由方差分析可知，不同品种间、不同施肥处理间及施肥与品种互作间胭脂萝卜色素含量均不存在显著差异（表6）。从图6可知，除只施氮处理红心3号色素含量明显高于空白处理外，其他处理萝卜色素含量变化不大，且含量均较低。

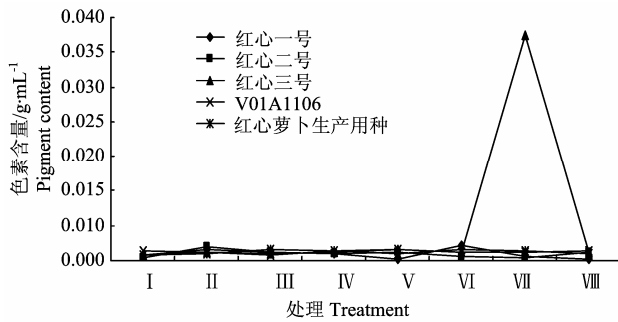


图 6 不同施肥处理对胭脂萝卜植株平均色素含量的影响
Figure 6 Effect of fertilizer application on the pigment content in red radish

表 7 丙二醛含量性状方差分析
Table 7 Variance analysis of MDA content

变异来源	平方和	自由度	均方	F
Source of variation	SS	DF	MS	
A 因素间 A factor	8.46	4	2.12	253.89**
B 因素间 B factor	54.00	7	7.71	925.82**
A×B	104.35	28	3.73	477.30**
误差 Error	0.65	78	0.0083	
总变异 Total variation	167.53	119		

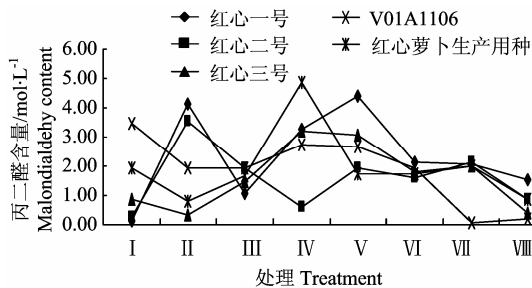


图 7 不同施肥处理对红心萝卜植株平均丙二醛的含量影响
Figure 7 Effect of different fertilizers application on the average malondialdehyde content in the red radish plant

表 8 过氧化物酶活性性状方差分析
Table 8 Variance analysis of the activity of peroxidase

变异来源	平方和	自由度	均方	F
Source of variation	SS	DF	MS	
A 因素间 A factor	136350.07	4.00	34087.52	15.38**
B 因素间 B factor	489355.80	7	69907.97	31.55**
A×B	971331.83	28	34690.42	15.65**
误差 Error	172846.16	78.00	2215.98	
总变异 Total variation	1776566.02	119		

2.7 不同施肥对胭脂萝卜丙二醛含量的影响

由方差分析可知, 不同品种间、不同施肥处理间及施肥与品种互作间胭脂萝卜丙二醛的含量均存在极显著差异 (表 7)。从图 7 可知, 5 个胭脂萝卜

平均丙二醛的含量相对空白对照, 其中 V01A1106 的不同处理丙二醛含量都显著降低。红心 1 号和红心 2 号不同的处理丙二醛的含量都显著增加。红心 3 号除了只施钾处理丙二醛含量无明显差异, 其余处理丙二醛含量都显著增加。红心萝卜生产用种施氮和钾处理丙二醛含量显著增加, 施氮磷钾、只施钾处理丙二醛含量显著降低, 其余处理丙二醛含量无显著差异。

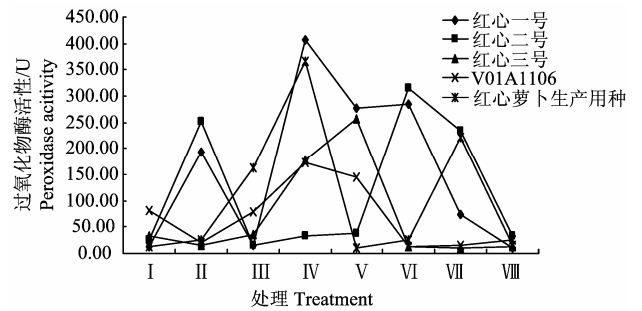


图 8 不同施肥处理对红心萝卜过氧化物酶活性的影响
Figure 8 Effect of different fertilizer on the application peroxidase activity in red radish

2.8 不同施肥处理对胭脂萝卜过氧化物酶活性的影响

由方差分析可知, 不同品种间、不同施肥处理间及施肥与品种互作间胭脂萝卜过氧化物酶活性均存在极显著差异 (表 8)。从图 8 可以看出, 与空白处理相比, 除只施钾处理过氧化物酶活性无明显差异外, 其余处理过氧化物酶活性均有上升趋势。

3 讨论

氮磷钾是植物生长过程中需求量较大的营养元素, 氮肥、磷肥和钾肥是胭脂萝卜栽培中常施用的几种肥料, 施用哪一种肥料还是搭配施用两种肥料或还是同时施用 3 种肥料能获得较高产量是胭脂萝卜种植者较关心的问题。本研究调查胭脂萝卜苗期株高、根长、地下部鲜重、地上部鲜重、叶绿素含量、色素含量丙二醛含量及过氧化物含量等性状, 结果表明, 除色素含量性状外, 不同施肥处理对胭脂萝卜主要性状有显著的影响。氮磷钾的施用对胭脂萝卜色素含量没有明显的影响, 这可能是由于出苗后 100 d 胭脂萝卜色素合成刚刚开始导致^[16], 具体的内在机理有待进一步研究。施用氮肥能显著提高胭脂萝卜的株高、地下部鲜重、地上部鲜重和叶绿素含量, 促进胭脂萝卜的生长。磷肥的施用对胭脂萝卜叶绿素含量的增加有一定促进作用, 这可能与磷直接参与光合作用有关, 磷肥的施用对其他性

状影响不大。钾肥的施用对胭脂萝卜主要性状也无显著性的影响。磷肥和钾肥的施用对胭脂萝卜生长影响不大,可能是胭脂萝卜对磷和钾吸收较少,土壤中含有的磷和钾能满足胭脂萝卜的生长需求。钾、磷、氮对胭脂萝卜丙二醛含量和过氧化物酶的活性都有影响,不同品种间影响不一样。研究结果与罗永统等^[12]和秦文斌等^[13]的研究结果基本一致,都认为氮是胭脂萝卜生长中最重要的营养元素。因此,在胭脂萝卜苗期施肥中,应主要施用氮肥,不施用或少施用磷肥和钾肥。并且不同品种的胭脂萝卜品种有不同的需肥特点,在胭脂萝卜栽培种还应结合不同品种需肥特性,施用不同量的氮肥。

参考文献:

- [1] 吴德钰. 涪陵特产红心萝卜[J]. 中国蔬菜, 1986(2): 39-41.
- [2] 余贤强. 涪陵红心萝卜研究现状存在问题及开发利用对策[J]. 种子, 2007, 26(4): 78-80.
- [3] 袁伟玲, 王晴芳, 袁尚勇, 等. 萝卜适宜施氮量和氮肥基追比例研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2014, 20(3): 696-701.
- [4] 张阔, 许靖, 陈随菊, 等. 不同施肥措施对冀西北坝上萝卜生长发育的影响[J]. 河北农业大学学报, 2011, 34(2): 22-26.
- [5] 王雪, 时星, 孙志梅, 等. 不同施肥措施对青萝卜生长发育和养分利用的影响[J]. 河北农业大学学报, 2015, 38(1): 29-34.
- [6] 罗永统, 吕发生, 陶红英, 等. 涪陵红心萝卜优质高产栽培技术[J]. 栽培与植保, 2006(7): 26-27.
- [7] 罗凤来. 不同氮肥施用期对萝卜经济产量与品质的影响[J]. 土壤肥料, 2004(4): 47-50.
- [8] 常丽新, 常建霞. 施用钾肥对水萝卜产量和品质的影响[J]. 河北农业大学学报, 2000, 23(2): 42-43.
- [9] 张淑霞, 吴旭银. 心里美生长动态及养分吸收规律[J]. 中国蔬菜, 1998(4): 13-16.
- [10] 续勇波, 郑毅, 刘宏斌, 等. 心里美萝卜生长动态和氮磷钾营养吸收特性[J]. 云南农业大学学报, 2004, 19(5): 575-579.
- [11] 魏明吉. 氮磷钾对萝卜生长发育、产量及品质的影响[D]. 武汉: 华中农业大学, 2005.
- [12] 罗永统, 陶洪英, 曾晓霞, 等. 氮磷钾对涪陵红心萝卜主要性状的影响[J]. 中国蔬菜, 2007(7): 26-27.
- [13] 秦文斌, 戴忠良, 潘跃平. 氮磷钾用量对红心萝卜生长及产量和色素的影响[J]. 蔬菜, 2010(5): 38-40.
- [14] 吕发生, 何晓蓉, 罗永统, 等. 红心萝卜肉质根色素含量的测定[J]. 西南农业学报, 2004(7): 763.
- [15] 张志良, 瞿伟菁, 李小方. 植物生理学实验指导[M]. 4版. 北京: 高等教育出版社, 2009: 7.
- [16] 高家祥. 红心萝卜和萝卜红色素研究进展及前景展望[J]. 南方农业, 2012, 6(5): 53-56.