

# 不同火土灰用量对烟苗生长发育的影响

肖艳松<sup>1</sup>, 杨如意<sup>2,3</sup>, 廖雅桦<sup>4</sup>, 曹志辉<sup>1</sup>, 简宏<sup>1</sup>, 李丽娟<sup>1</sup>, 李思军<sup>1</sup>, 许娜<sup>2\*</sup>

(1.湖南省烟草公司郴州市公司, 湖南 郴州 423015; 2.中国农业科学院烟草研究所, 农业农村部烟草生物学与加工重点实验室, 青岛 266101; 3.中国农业科学院研究生院, 北京 100081; 4.中国烟草总公司湖南省烟草公司, 长沙 410128)

**摘要:**为明确火土灰对烟苗生长发育的影响,采用漂浮育苗的方式,研究不同含量火土灰育苗基质对烟苗叶绿素含量、根系构型、根系活力及硝酸还原酶活性的影响。结果表明,随育苗基质中火土灰比例升高烟苗叶绿素含量、总根长、根总表面积、根平均直径、根体积和根系活力呈现先升高后降低趋势,在50%火土灰+50%常规育苗基质处理条件下达到峰值;根系硝酸还原酶活性随基质中火土灰用量增加呈增加趋势;育苗基质中火土灰用量在50%以内时,火土灰用量与总根长、根总表面积显著正相关,与根总体积显著正相关。可见,50%的火土灰和50%的常规育苗基质配比最有助于促进烟苗生长发育。  
**关键词:**火土灰; 烟苗; 根系构型; 根系活力

## Effects of Different Amounts of Fired Soil on Development of Tobacco Seedlings

XIAO Yansong<sup>1</sup>, YANG Ruyi<sup>2,3</sup>, LIAO Yahua<sup>4</sup>, CAO Zhihui<sup>1</sup>, JIAN Hong<sup>1</sup>, LI Lijuan<sup>1</sup>, LI Sijun<sup>1</sup>, XU Na<sup>2\*</sup>

(1. Chenzhou Tobacco Company of Hunan Province, Chenzhou, Hunan 423015, China; 2. Institute of Tobacco Research of CAAS, Key Laboratory of Tobacco Biology and Processing, Ministry of Agriculture and Rural Areas, Qingdao 266101, China; 3. Graduate School of Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China; 4. Hunan tobacco company of China National Tobacco Corporation, Changsha 410128, China)

**Abstract:** In order to clarify the influence of fired soil on the quality of tobacco seedlings, the floating seedling breeding method was adopted to study different amounts of fired soil seedling substrates on chlorophyll, root architecture, root activity and nitrate reductase activity of tobacco seedlings. The results showed that, the chlorophyll, total root length, root surface area, root mean diameter, root volume and root activity increased at first and then decreased, and reached peak under 50% fired soil with 50% conventional seedling substrates treatment; The root nitrate reductase activity increased with the increase of the amount of fired soil; When the proportion of fired soil was within 50%, the amount of fired soil was positively correlated with total root length and root surface area at the 0.01 level, and was positively correlated with total root volume at the 0.05 level. It was concluded that 50% fired soil together with 50% conventional seedling substrate was the best for the development of tobacco seedlings.

**Keywords:** fired soil; tobacco seedlings; root architecture; root activity

火土灰是将秸秆、柴草等覆盖于生土之上,内部燃烧形成的灰黑色土块。由于成本低、制作方便、效果明显,受到了农户们的喜爱<sup>[1]</sup>。烟草秸秆含有大量的有机质,干物质、灰分、钾、氯和氮含量适中,是进行生物有机肥加工的良好原料<sup>[2-3]</sup>。但烟叶收获后,残留的烟草秸秆废弃物很难处理,不仅严重污染了烟区环境,而且还造成资源的极大浪费<sup>[4]</sup>。将烟草秸秆作为烧制火土灰原料,可以使烟草秸秆废弃物得到有效利用。

化肥的大量施用导致土壤板结、次生盐渍化和有毒物质的积累<sup>[5]</sup>。火土灰具有疏松透气、保水保肥等特点,且火土灰中富含微量元素及有机质,能

够有效弥补植物对土壤中有有机质等的消耗,在一定程度上能够很好地改善土壤理化性质,促进烟苗生长,改善烤烟农艺性状<sup>[6-8]</sup>。火土灰有利于烟草根系生长,促进烟苗早生快发,提高烟苗的出苗率和成活率,有利于烟苗地上部分和地下部分干物质的积累<sup>[6-7,9]</sup>。目前,不同火土灰用量是否影响烟苗生长发育以及如何影响烟苗生长发育的报道较少,因此本研究采用漂浮育苗的方式,通过不同火土灰和育苗基质的配比处理,研究不同处理条件下烟苗叶绿素含量、根系构型、根系活力及硝酸还原酶活性的变化,旨在为烟草育苗过程中合理施用火土灰以提升烟苗素质提供科学依据。

基金项目:湖南省烟草专卖局科技项目(19-21Aa04);中国农业科学院科技创新工程(ASTIP-TRIC03)

作者简介:肖艳松(1981-),女,高级农艺师,从事烟草栽培研究。E-mail:35149517@qq.com。\*通信作者:E-mail:xuna@caas.cn

收稿日期:2021-05-31

修回日期:2021-10-13

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试验于 2021 年在湖南省郴州市北湖区华塘镇招旅村育苗棚中进行,供试烤烟品种为云烟 87。本试验所用烟苗于 1 月 20 日播种,3 月 15 日成苗,苗龄 55 d。

### 1.2 试验设计

采用漂浮育苗的方式,设置 5 个处理,CK:常规育苗基质;T1:10%火土灰+90%常规育苗基质;T2:30%火土灰+70%常规育苗基质;T3:50%火土灰+50%常规育苗基质;T4:70%火土灰+30%常规育苗基质,每个处理 3 个重复。试验于成苗期取样,从育苗盘中小心取出烟苗后将根系洗净,装入封口袋,用冰盒将样品带回实验室进行各指标检测。

### 1.3 测定项目和方法

叶绿素测定:称取 0.1 g 的新鲜叶片,剪成细丝浸没在 10 mL 的 96%乙醇中至于暗处 24 h,测定 665 nm、649 nm、470 nm 下的吸光值,计算叶绿素 a、叶绿素 b 及叶绿素总含量<sup>[10-12]</sup>。

根系构型测定:使用 Epson Expression 11000XL 进行总根长、根总表面积、根直径及根总体积分析。

根系活力测定:使用 TTC 法测定<sup>[13-14]</sup>。

硝酸还原酶活性测定:按照硝酸还原酶活性测定试剂盒(苏州科铭生物技术有限公司)要求提取酶液,340 nm 条件下测定酶液与反应液在 1 min 和 6 min 的吸光值,通过计算 NADH 的变化速率求出硝酸还原酶的活性<sup>[15]</sup>。

### 1.4 数据处理

采用 Excel 2007 进行数据处理和作图,采用 SAS 9.2 进行单因素方差分析,表中及图中所示数值为平均值±标准差;采用 SPSS 软件进行相关性分析。

## 2 结果

### 2.1 不同火土灰用量对烟苗叶绿素含量的影响

由表 1 可知,各处理叶绿素 a 含量为 T3 > CK > T1 > T2 > T4;与 CK 相比,T3 处理叶绿素 a 显著升高,增幅为 21.56%;与 T1 和 T2 相比,CK 处理叶绿素 a 显著升高,增幅分别为 25.75%和 35.28%;与 T4 相比,T1 和 T2 处理叶绿素 a 显著升高,增

幅分别为 14.91%和 9.24%。各处理叶绿素 b 含量为 T3 > CK > T1 > T4 > T2;与 CK 相比,T3 处理叶绿素 b 显著升高,增幅为 17.61%;与 T1、T2 和 T4 相比,CK 处理叶绿素 b 显著升高,增幅分别为 21.47%、29.09%和 27.93%。各处理总叶绿素含量为 T3 > CK > T1 > T2 > T4;与 CK 相比,T3 处理总叶绿素显著升高,增幅为 20.37%;与 T1 和 T2 相比,CK 处理总叶绿素显著升高,增幅分别为 24.53%和 33.71%;与 T4 相比,T1 处理总叶绿素显著升高,增幅为 13.71%。因此,50%火土灰与 50%育苗基质配施有利于叶绿素合成,高于或低于此配施比例均不利于叶绿素合成。

表 1 不同火土灰用量对叶绿素含量的影响

Table 1 Influence of different amounts of fired soil on chlorophyll content mg/g

处理 Treatment	叶绿素 a Chlorophyll 的 a	叶绿素 b Chlorophyll b	总叶绿素 Total chlorophyll
CK	4.64±0.15b	1.42±0.06b	5.99±0.18b
T1	3.69±0.23c	1.17±0.05c	4.81±0.27c
T2	3.43±0.10cd	1.10±0.02c	4.48±0.12cd
T3	5.64±0.09a	1.67±0.06a	7.21±0.15a
T4	3.14±0.38d	1.11±0.15c	4.23±0.52d

### 2.2 不同火土灰用量对烟苗根系构型的影响

由图 1 可知,T3 处理的总根长显著大于 CK、T1、T2 和 T4,增幅分别为 47.23%、32.04%、48.58%和 35.09%。T3 处理根总表面积显著大于 CK、T1、T2 和 T4,增幅分别为 67.10%、51.47%、83.66%和 61.85%。T3 处理根平均直径显著大于 CK、T1、T2 和 T4,增幅分别为 14.62%、15.83%、20.92%和 20.99%。T3 处理根总体积显著大于 CK、T1、T2 和 T4,增幅分别为 71.71%、75.95%、122.09%和 95.69%。

### 2.3 不同火土灰用量对烟苗根系活力及硝酸还原酶活性的影响

由图 2 可知,与 T4 处理相比,CK、T1、T2 和 T3 根系活力显著升高,增幅分别为 26.79%、25.22%、24.97%和 38.64%。由图 3 可知,各处理根系硝酸还原酶活性为 T4 > T3 > T1 > CK > T2,总体呈现随火土灰用量升高而升高的趋势。T4 处理显著大于 CK、T1、T2 和 T3 处理,增幅分别为 60.32%、43.26%、81.98%和 27.04%;T3 处理显著大于 CK 和 T2 处理,增幅分别为 26.19%和 43.24%。

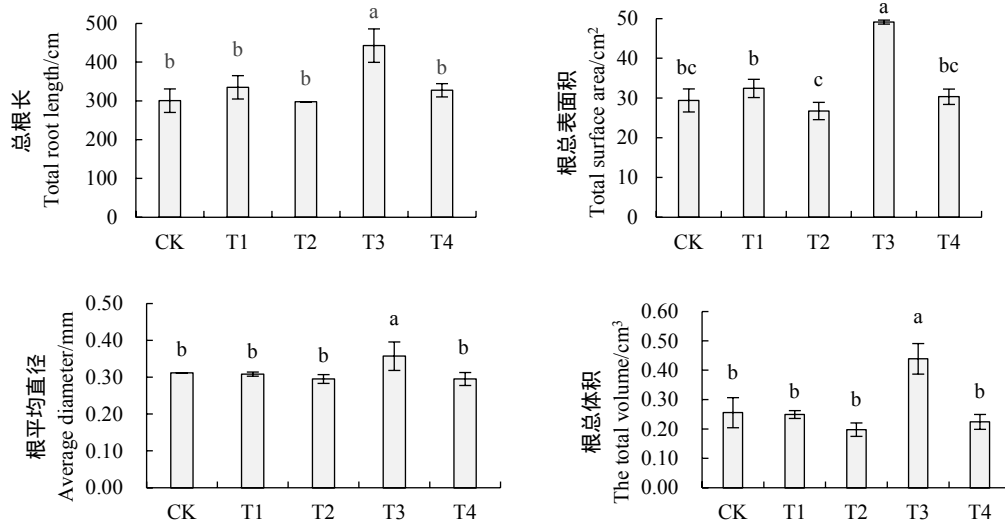


图1 不同火土灰用量对烟苗根系构型的影响

Fig. 1 Effects of different amounts of fired soil on root architecture of tobacco seedlings

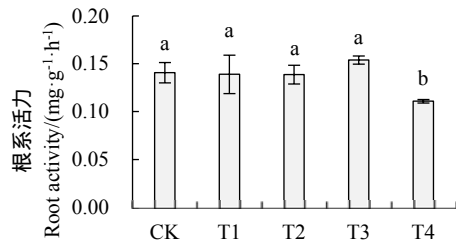


图2 不同火土灰用量对根系活力的影响

Fig. 2 Effects of different amounts of fired soil on root activity

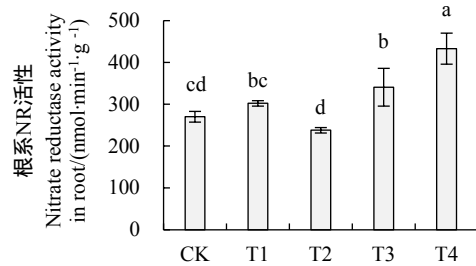


图3 不同火土灰用量对硝酸还原酶 (NR) 活性的影响

Fig. 3 Effect of different amounts of fired soil on nitrate reductase (NR) activity

2.4 各指标参数相关性分析

除根系硝酸还原酶活性随火土灰用量升高而呈现升高趋势之外,叶绿素含量、根系构型各项指标均为 T3 处理为峰值,之后随火土灰用量升高而呈现下降趋势。为研究火土灰用量与烟苗农艺性状和生理指标之间的相关性,以及农艺性状和生理指标之间的相关性,对 CK 及 T1、T2、T3 处理的各参数指标进行了相关性分析。由表 2 可知,育苗基质中火土灰用量在 50%以内时,火土灰用量与总根

长、根总表面积在 0.01 水平上显著正相关,与根总体积在 0.05 水平上显著正相关。总叶绿素含量与总根长、根总表面积、根平均直径和根总体积在 0.01 水平上显著正相关。总根长与根总表面积、根总体积和硝酸还原酶活性在 0.01 水平上显著正相关。根总表面积与根平均直径、根总体积和硝酸还原酶活性在 0.01 水平上显著正相关。根平均直径和根总体积在 0.01 水平上显著正相关。根总体积和硝酸还原酶活性在 0.05 水平上显著正相关。

表 2 各指标参数相关性分析

Table 2 Correlation analysis of each index parameter

	Da	Chlt	Len	Squ	Dia	Vol	Ra	Nr
Da	1.00							
Chlt	0.45	1.00						
Len	0.71**	0.73**	1.00					
Squ	0.71**	0.83**	0.94**	1.00				
Dia	0.54	0.77**	0.57	0.81**	1.00			
Vol	0.63*	0.86**	0.82**	0.95**	0.90**	1.00		
Ra	0.40	0.44	0.43	0.47	0.43	0.51	1.00	
Nr	0.40	0.69*	0.81**	0.80**	0.54	0.69*	0.43	1.00

注:注:进行相关性分析的数据为 CK、T1、T2、T3 (火土灰用量 50%以内)。\*\*,  $p < 0.01$ , \*  $p < 0.05$ 。Da, 不同火土灰用量; Chlt, 总叶绿素; Len, 总根长; Squ, 根总表面积; Dia, 根平均直径; Vol, 根总体积; Ra, 根系活力; Nr, 根硝酸还原酶活性。

Note: The data of CK, T1, T2, T3 (the proportion of fired soil within 50%) were used for correlation analysis. \*\*,  $p < 0.01$ ; \*,  $p < 0.05$ . Da, different amounts; Chlt, total chlorophyll; Len, length; Squ, square; Dia, diameter; Vol, volume; Ra, root activity; Nr, nitrate reductase.

### 3 讨 论

本研究发现，烟苗叶片叶绿素含量随火土灰配施比例的增加呈现先升高后降低的趋势。相关研究表明，火土灰中富含有机质、碱解氮、有效磷和速效钾，对烟株施用火土灰可以有效促进其对氮、磷、钾等矿质元素的吸收和积累<sup>[6,16]</sup>。氮作为叶绿素的重要组成物质，在叶绿素合成过程中起重要作用<sup>[17-19]</sup>，磷肥和钾肥不仅能够促进叶绿素的合成，还能延缓叶绿素的降解<sup>[20-22]</sup>。因此，50%火土灰与 50%育苗基质配施可以通过有效促进烟苗对氮、磷、钾肥的吸收来促进叶绿素合成。超过 50%火土灰配施导致叶绿素含量下降，可能是由于过多的火土灰施用打破了烟苗对养分的均衡吸收，反而不利于叶绿素合成。

本研究表明，在 50%火土灰配施比例范围内，火土灰的施用可以显著促进烟苗总根长、根总表面积、根系平均直径和根总体积显著增加，这与李秀春等<sup>[6]</sup>研究结果一致。根系活力的增加也有助于根系的生长发育<sup>[23-25]</sup>，黄杰等<sup>[26]</sup>指出，火土灰可以提升根系活力并促进根系发育，与本研究结果一致。硝酸还原酶是植物氮代谢过程中的关键限速酶，能够反映植物对土壤中氮元素的利用情况<sup>[27]</sup>。增施氮肥会促进植株直根及侧根的生长，提高地上部和地下部的生物量<sup>[28]</sup>。本研究表明，50%火土灰与 50%育苗基质配比下的硝酸还原酶活性较高，因此本处理烟苗对基质中氮素利用率更高进而促进烟苗根系的发育。湖南烟区育苗阶段容易出现较长时间的“低温寡照”天气，这种天气使得烟苗发育缓慢，抗性差，感染病害<sup>[5,29]</sup>。火土灰对于防寒防冻具有很好的效用<sup>[30]</sup>，湘南烟区烟农广泛使用火土灰作为假植营养土。因此，在育苗基质中添加适宜比例的火土灰有利于通过促进烟苗生长发育来提高烟苗抗寒能力。本研究结果表明，育苗基质中火土灰用量在 50%以内时，火土灰用量与总根长、根表面积及根总体积呈正相关；根系构型之间、生理指标之间及根系构型和生理指标之间均呈正相关关系。由此推断，适宜的火土灰用量可以通过优化烟苗关键生理指标来协调促进烟苗的生长发育。

### 4 结 论

试验结果表明，随育苗基质中火土灰比例升高，烟苗叶绿素含量、根系构型各指标和根系活力呈现先升高后降低趋势，在 50%火土灰+50%常规育苗基质处理条件下达到峰值；根系硝酸还原酶活性随基质中火土灰用量增加呈增加趋势，70%火土灰+30%常规育苗基质处理根系硝酸还原酶活性最高；育苗基质中火土灰用量在 50%以内时，火土灰用量与总根长、根总表面积在 0.01 水平上显著正相关，与根总体积在 0.05 水平上显著正相关。综上，50%的火土灰和 50%的常规育苗基质配比最有助于促进烟苗生长发育。

### 参考文献

- [1] 张幸,熊有明,伏林军,等.利用烤房炉渣制作有机土杂肥的应用效果初探[J].农村经济与科技,2020,31(18):28-29.  
ZHANG X, XIONG Y M, FU L J, et al. Preliminary study on the application effect of making organic soil manure from slag of baking house[J]. Rural Economy and Science and Technology, 2020, 31(18): 28-29.
- [2] 叶协锋,刘红恩,孟琦,等.不同类型烟秸秆化学组分分析[J].烟草科技,2013(10):76-79.  
YE X F, LIU H E, MENG Q, et al. Comparison of chemical composition in stalks of different tobaccos[J]. Tobacco Agronomy, 2013(10): 76-79.
- [3] 韩非,王瑞.烟草秸秆生物有机肥产业化绿色发展的现状与策略[J].中国烟草学报,2016,22(3):126-132.  
HAN F, WANG R. Present situation and strategy of green development of tobacco straw bio-organic fertilizer industrialization[J]. Acta Tabacaria Sinica, 2016, 22(3): 126-132.
- [4] 张鸿雁.烟草秸秆的厌氧消化产气性能与预处理技术研究[D].北京:北京化工大学,2019.  
ZHANG H Y. Research on the methane production and pretreatment of tobacco stalk[D]. Beijing: Beijing University of Chemical Technology, 2019.
- [5] 许威,彭耀东,郭洪光,等.烤烟移栽营养土配制材料筛选[J].安徽农业科学,2019,47(18):152-154.  
XU W, PENG Y D, GUO H G, et al. Screening of nutrient soil preparation materials for flue-cured tobacco transplanting[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2019, 47(18): 152-154.
- [6] 李秀春,李宏光,肖艳松,等.火土灰对烟草苗期根系生长及根际养分的影响[J].中国烟草科学,2020,41(5):43-48.  
LI X C, LI H G, XIAO Y S, et al. Effects of fired soil on root growth and rhizosphere nutrients of tobacco seedlings[J]. Chinese Tobacco Science, 2020, 41(5): 43-48.
- [7] 匡传富,李宏光,许清孝,等.施用火土灰改良烤烟根际环境技术研究[J].农业开发与装备,2013(9):52-53.  
KUANG C F, LI H G, XU Q X, et al. Study on improving rhizosphere environment of flue-cured tobacco by application of fired soil[J]. Agricultural Development and Equipment, 2013(9): 52-53.
- [8] 曹敏建.耕作学(农学专业用)[M].北京:中国农业出版社,2002:40-42.  
CAO M J. Farming science (for agricultural science) [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2002: 40-42.

- [9] 姜超英, 钱晓刚. 贵州烤烟托盘育苗基质配方研究[J]. 中国农村小康科技, 2007(12): 48-50.  
JIANG Y CH, QIAN X G. Research on substrates formula in tray system of flue-curing tobacco seedling[J]. Science & Technology for China Rural Prosperity, 2007(12): 48-50.
- [10] 邹琦. 植物生理生化实验指导[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995: 36-38.  
ZOU Q. Guidance for plant physiology and biochemistry experiment[M]. Beijing: China Agriculture Publishing House, 1995: 36-38.
- [11] 却志群. 烤烟叶片叶绿素提取及其稳定性研究[J]. 河南农业科学, 2012, 41(7): 47-49, 53.  
QUE Z Q. Study on the extraction and stability of chlorophyll from flue-cured tobacco leaves[J]. Journal of Henan Agricultural Sciences, 2012, 41(7): 47-49, 53.
- [12] 昌梦雨, 魏晓楠, 王秋悦, 等. 植物叶绿素含量不同提取方法的比较研究[J]. 中国农学通报, 2016, 32(27): 177-180.  
CHANG M Y, WEI X N, WANG Q Y, et al. Comparative study on different extraction methods of chlorophyll content in plants[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2016, 32(27): 177-180.
- [13] 朱秀云, 梁梦, 马玉. 根系活力的测定(TTC法)实验综述报告[J]. 广东化工, 2020, 47(6): 219-220.  
ZHU X Y, LIANG M, MA Y. A review on the experiment of measuring root activity (TTC method). Guangdong Chemical Industry, 2020, 47(6): 219-220.
- [14] 白宝璋, 金锦子, 白崧, 等. 玉米根系活力TTC测定法的改良[J]. 玉米科学, 1994(4): 44-47.  
BAI B Z, JIN J Z, BAI S, et al. Improvement of TTC method for determination of maize root activity[J]. Journal of Maize Science, 1994(4): 44-47.
- [15] 宋月, 崔婷婷, 武丽娟, 等. 玉米叶片硝酸还原酶活性测定方法的优化[J]. 湖北农业科学, 2017, 56(15): 2817-2820, 2907.  
SONG Y, CUI T T, WU L J, et al. Optimization of the method for determination of nitrate reductase activity in maize leaves[J]. Hubei Agricultural Sciences, 2017, 56(15): 2817-2820, 2907.
- [16] 刘英, 刘强, 刘建丰. 不同外源有机物料组合对植烟土壤理化性状和酶活性的影响[J]. 天津农业科学, 2017, 23(10): 89-93.  
LIU Y, LIU Q, LIU J F. Effects of different exogenous organic materials on physicochemical properties and enzyme activities of tobacco growing soil[J]. Tianjin Agricultural Sciences, 2017, 23(10): 89-93.
- [17] 王秀芬. 矿质元素在植物体内的生理作用[J]. 河北农业科技, 1989(2): 9-10.  
WANG X F. Physiological effects of mineral elements in plants[J]. Journal of Hebei Agricultural Science and Technology, 1989(2): 9-10.
- [18] 徐济春, 林钊沐, 罗微, 等. 矿质营养对光合作用影响的研究进展[J]. 安徽农学通报, 2007, 13(7): 23-25.  
XU J C, LIN Z M, LUO W, et al. Effects of mineral nutrients on photosynthesis. Anhui Agricultural Science Bulletin, 2007, 13(7): 23-25.
- [19] 吴良欢, 陈峰, 方萍, 等. 水稻叶片氮素营养对光合作用的影响[J]. 中国农业科学, 1995, 28(增刊): 104-107.  
WU L H, CHEN F, FANG P, et al. Effects of nitrogen nutrition on photosynthesis in rice leaves [J]. Scientia Agricultura Sinica, 1995, 28(supplement): 104-107.
- [20] 杨晴, 刘奇勇, 白岩, 等. 冬小麦不同叶层叶绿素和可溶性蛋白对氮磷肥的响应[J]. 麦类作物学报, 2009, 29(1): 128-133.  
YANG Q, LIU Q Y, BAI Y, et al. Response of chlorophyll and soluble protein in different leaf layer of winter wheat to nitrogen and phosphate fertilizer[J]. Journal of Triticeae Crops, 2009, 29(1): 128-133.
- [21] 陈菁, 石伟琦, 孙光明, 等. 喷施磷肥对菠萝叶片磷、铁、叶绿素含量及其生长的影响[J]. 现代农业科技, 2015(24): 100, 108.  
CHEN J, SHI W Q, SUN G M, et al. Effects of spraying phosphorus fertilizer on phosphorus, iron, chlorophyll content and growth of pineapple leaves[J]. Modern Agricultural Science and Technology, 2015(24): 100, 108.
- [22] RODRIGUEZ D, ANDRADE F H, GOUDRIAAN J. Goudriaan. Effects of phosphorus nutrition on tiller emergence in wheat[J]. Plant and Soil, 1999, 209(2): 283-295.
- [23] 郭芳阳, 吴照辉, 阎小毛, 等. 不同轮作模式对烤烟前茬土壤养分、根系活力及烟叶质量的影响[J]. 河南农业科学, 2017, 46(5): 45-50.  
GUO F Y, WU Z H, YAN X M, et al. Effects of different rotation patterns on previous crop soil nutrient, root activity and leaf quality of flue-cured tobacco[J]. Henan Agricultural Science, 2017, 46(5): 45-50.
- [24] 刘海龙, 郑桂珍, 关军锋, 等. 干旱胁迫下玉米根系活力和膜透性的变化[J]. 华北农学报, 2002, 17(2): 20-22.  
LIU H L, ZHENG G Z, GUAN J F, et al. Changes of root activity and membrane permeability of Maize under drought stress[J]. North China Agricultural Bulletin, 2002, 17(2): 20-22.
- [25] 郭培国, 陈建军, 李荣华. pH值对烤烟根系活力及烤后烟叶化学成分的影响[J]. 中国农业科学, 2000(1): 42-48.  
GUO P G, CHEN J J, LI R H. Effect of pH on root activity and chemical composition of flue-cured tobacco leaves[J]. Chinese agricultural science, 2000(1): 42-48.
- [26] 黄杰, 杨爽, 张德利, 等. 移栽营养土对烟苗生长及干物质积累的影响[J]. 农业科学与技术, 2017, 18(9): 1666-1670.  
HUANG J, YANG S, ZHANG D L, et al. Effects of transplanting nutrient soil on growth and dry matter accumulation of tobacco seedlings[J]. Agricultural Science and Technology, 2017, 18(9): 1666-1670.
- [27] MAY S K, 顾立江, 程红梅. 植物中硝酸还原酶和亚硝酸还原酶的作用[J]. 生物技术进展, 2011, 1(3): 159-164.  
MAY S K, GU L J, Cheng H M. Effects of nitrite reductase and nitrite reductase in plants. Biotechnology Progress, 2011, 1(3): 159-164.
- [28] 吴会会, 黄光明. 氮肥对积生长和根系发育的影响[J]. 长江大学学报(自然科学版), 2021, 18(1): 122-126.  
WU H H, HUANG G M. Effect of nitrogen fertilizer on the growth and root system development of trifoliate orange[J]. Journal of Yangtze University (Natural Science Edition), 2021, 18(1): 122-126.
- [29] 王学栋. 不同栽培措施对隆回烤烟生长及烟叶品质的影响[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2014.  
WANG X D. Effect of different cultivation methods on growth and quality of the flue-cured tobacco in Longhui areas[D]. Changsha: Hunan Agricultural University, 2014.
- [30] 水业. 棚菜受冻的补救方法[J]. 农村科学实验, 2013(4): 19.  
SHUI Y. Remedies for greenhouse vegetables frozen[J]. Rural scientific experiment, 2013(4): 19.