

## 不同灌溉技术对干旱区铁路路域植被恢复的影响

胥喜林<sup>1</sup>, 孔令伟<sup>2</sup>, 丁丰亮<sup>1</sup>, 陈昶桦<sup>1</sup>, 景晓瑞<sup>1</sup>

(1. 中铁一局集团有限公司第五工程有限公司, 陕西宝鸡 721000; 2. 中铁西北科学研究院有限公司, 甘肃兰州 730000)

**摘要** [目的]利用微润灌溉和滴灌技术对干旱区铁路路域范围内植被进行养护,筛选出适宜于该区的灌溉方式,以达到节约用水、植被恢复良好的目的。[方法]对不同灌溉技术下的土壤理化性状的变化和植被恢复效果进行相关研究。[结果]2种灌溉方式下的土壤养分含量均呈现出坡下>坡中>坡上的变化规律,且微润区之间的土壤养分含量变化不大,整体在同一坡位下微润区>滴灌区。同一灌溉区下的植株高度随着边坡位置的升高呈现出逐渐下降的变化趋势,即植株高度与坡面位置成反比例关系。同一坡位不同灌溉模式下植株高度均表现为微润区>滴灌区。同一灌溉方式下的植被盖度均表现为坡下>坡中>坡上,其中滴灌区植被盖度在不同坡位之间的差异性显著,且在同一坡位下的植被盖度均表现为滴灌区<微润区。[结论]在相同耗水量的前提下,微润区的土壤质地和植被恢复效果更加优良,表明采用微润灌溉技术可有效提高水资源的利用效率,实现节约增效的目的。因此,在干旱区路域植被进行养护时,建议优先选用微润灌溉技术进行养护。

**关键词** 干旱区;灌溉技术;铁路路域;植被恢复;微润灌溉;滴灌

中图分类号 S275 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2022)04-0195-04

doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2022.04.050



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

### Effects of Different Irrigation Techniques on Vegetation Restoration of Railway Area in Arid Area

XU Xi-lin<sup>1</sup>, KONG Ling-wei<sup>2</sup>, DING Feng-liang<sup>1</sup> et al (1. The Fifth Engineering Co., Ltd. of China Railway First Engineering Group, Baoji, Shaanxi 721000; 2. Northwest Research Institute Co., Ltd. of CREC, Lanzhou, Gansu 730000)

**Abstract** [Objective]The micro-moisture irrigation and drip irrigation technology were used to maintain vegetation within the railway area of arid areas, and select suitable irrigation methods for this area to achieve the purpose of water conservation and good vegetation restoration. [Method]The change of soil physical and chemical properties and the effect of vegetation restoration under different irrigation techniques were studied. [Result]The soil nutrient content under the two irrigation methods showed a trend of lower slope > middle slope > upper slope, and the soil nutrient content between micro-moist irrigation areas had little change, on the whole, the micro-moist irrigation area was higher than the drip irrigation area at the same slope position. In the same irrigation area, the plant height decreased with the increase of slope position, that was, the plant height was inversely proportional to the slope position. Under the same slope and different irrigation modes, the plant height was micro-moist irrigation area > drip irrigation area. The vegetation coverage of the same irrigation method was lower slope > middle slope > upper slope. The vegetation coverage of drip irrigation area was significantly different between different slope positions, and the vegetation coverage of the same slope position was drip irrigation area < micro-moist irrigation area. [Conclusion]Under the premise of the same water consumption, the soil texture and vegetation restoration effect of the micro-moist irrigation area are better, which indicates that the micro-moist irrigation technology can effectively improve the utilization efficiency of water resources and achieve the purpose of saving and increasing efficiency. Therefore, it is suggested that the micro-moist irrigation technology should be preferred in the maintenance of road vegetation in arid areas.

**Key words** Arid area; Irrigation technology; Railway area; Vegetation restoration; Micro-moist irrigation; Drip irrigation

银西高速铁路是国家“八纵八横”高速铁路网的重要组成部分,线路途径陕西、甘肃、宁夏3省区,总长度约620 km,其中宁夏段185.32 km,多分布在干旱或半干旱气候区,地表植被稀少或不发育,因此铁路路域植被在生态修复过程中有必要进行植被养护方式的研究,已达到节约成本、提高生态修复效果的目的。

目前节水灌溉措施研究多基于农作物进行相关研究,研究成果较多。灌溉技术有沟灌、畦灌等传统的地面灌溉方式,还有喷灌、滴灌、微润灌溉等局部节水灌溉技术<sup>[1-3]</sup>。在生态文明建设的推动下,高速公路建设中对绿化越来越重视,而在铁路建设领域绿化的养护技术研究相对较少<sup>[4-5]</sup>。公路绿植养护采取的主要方法有洒水车漫灌、喷洒和滴灌等方式<sup>[6-7]</sup>。传统的灌溉方式虽然操作简便,但其耗水量大,不适宜在干旱的路域边坡进行植被的养护。而水车漫灌和喷洒养护的成本费用高,会加剧水土流失,影响路基边坡的稳

定。因此该研究拟选用滴灌和微润灌溉2种方式对铁路路域边坡的绿植养护技术进行研究,筛选出较为适宜的灌溉方式。

#### 1 材料与方法

**1.1 研究区概况** 研究区域选在银西高铁宁夏回族自治区吴忠市境内,吴忠市地处西北内陆,属中温带干旱、半干旱气候地区,具有明显的大陆性特征:四季分明,气候干燥,蒸发强烈,降水集中,大气透明度好,云量少,日照充分,热量丰富,温差较大,无霜期短,风沙较多。多年平均气温9.3℃。历年平均降水量184.6~273.5 mm,年平均降雨日数为46.5 d,降雨集中在每年7—8月,8月最多。

**1.2 微润灌溉技术** 在设立积水窖的基础上,利用地下微渗保润智能控制系统对路域边坡的植被进行养护,利用太阳能与风能提供电能,驱动积水窖水位计、供水泵、微电脑等元器件的正常工作,并通过微渗保润管将水分送至植物根部,实现植被修复与养护中所需水分的智能检测与供给,达到节水降耗、自动控制的目的。微渗保润管是利用半透膜技术制成的,在压力作用下水分缓慢渗出,在根系附近形成均匀的湿润体,保障植被的正常生长,其布设方式如图1所示。

**基金项目** 宁夏回族自治区重点研发计划项目(2019BFG02013);中国中铁股份有限公司引导项目(2016-KJ015-Z013-03)。

**作者简介** 胥喜林(1969—),男,陕西宝鸡人,工程师,从事高速铁路修建的技术创新与管理工作。

**收稿日期** 2021-07-06

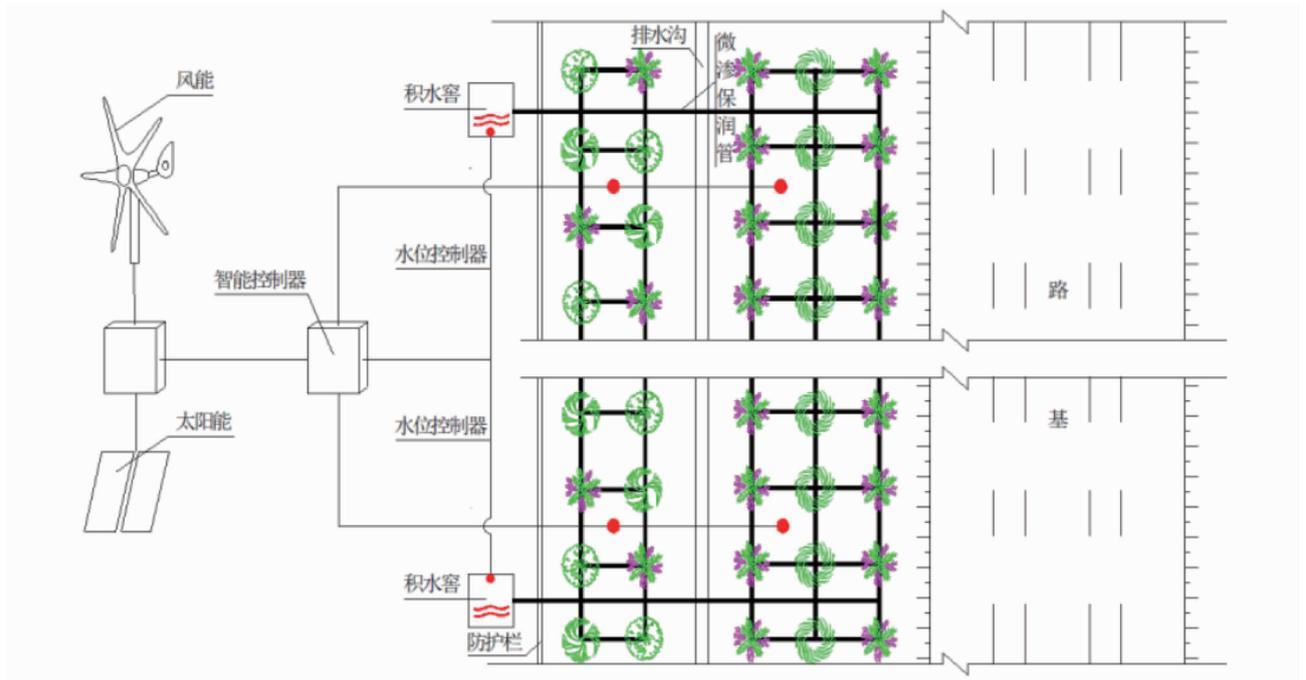


图1 路基边坡微润灌溉系统布设示意图

Fig.1 Schematic diagram of the layout of the micro-moisture irrigation system on the side slope of the roadbed

**1.3 样方设置** 在微润灌溉养护区,随机选取3个5 m×5 m小样方,用于测定植株高度、植被盖度、土壤养分含量和土壤含水率变化等。对照组采用滴灌的方式进行灌溉养护,滴灌的布设形式及用水量与微润灌溉系统总体是一致的,但滴灌是每隔一段时间在早晚时间段进行集中灌溉。

**1.4 植物的选取与观测** 栽植的植物均为1年生的紫穗槐苗木,并对其1年后生长状况进行观测。

**1.5 测定方法** 植株高度主要是通过钢卷尺测定地上植物部分的生长高度。植被盖度主要通过针刺法进行测定。土壤碱解氮采用碱解扩散法进行测定;土壤速效钾采用醋酸铵浸提-火焰光度法进行测定;土壤有效磷采用碳酸氢钠浸提-钼锑抗比色法进行测定;土壤有机质采用重铬酸钾容量法进行测定。

**1.6 数据分析** 运用SPSS软件对数据进行统计分析,图表制作主要使用Excel 2019进行处理。

## 2 结果与分析

**2.1 土壤养分含量变化分析** 由图2可知,从整体来看,无论是采用微润灌溉还是滴灌方式,土壤中养分含量均表现为坡下>坡中>坡上,且微润灌溉区的养分含量整体上高于滴灌区的养分含量。微润灌溉区的有效磷含量在坡上与坡中位置分别比滴灌区的高出35.91%和55.04%,而在坡下位置的滴灌区的有效磷含量相较于微润区的高,二者之间的差值为1.19 mg/kg,差异并不显著。土壤中碱解氮、速效钾和有机质含量的变化情况与有效磷相似,在坡上和坡中位置基本均表现为微润区大于滴灌区,而在坡下位置二者之间的含量较为相近,且差值不大;如碱解氮含量中的坡上位置二者之间的差值为17.91 mg/kg,而在坡下位置二者之间的差值仅为2.39 mg/kg。土壤中养分含量的变化主要与其坡位、灌溉方

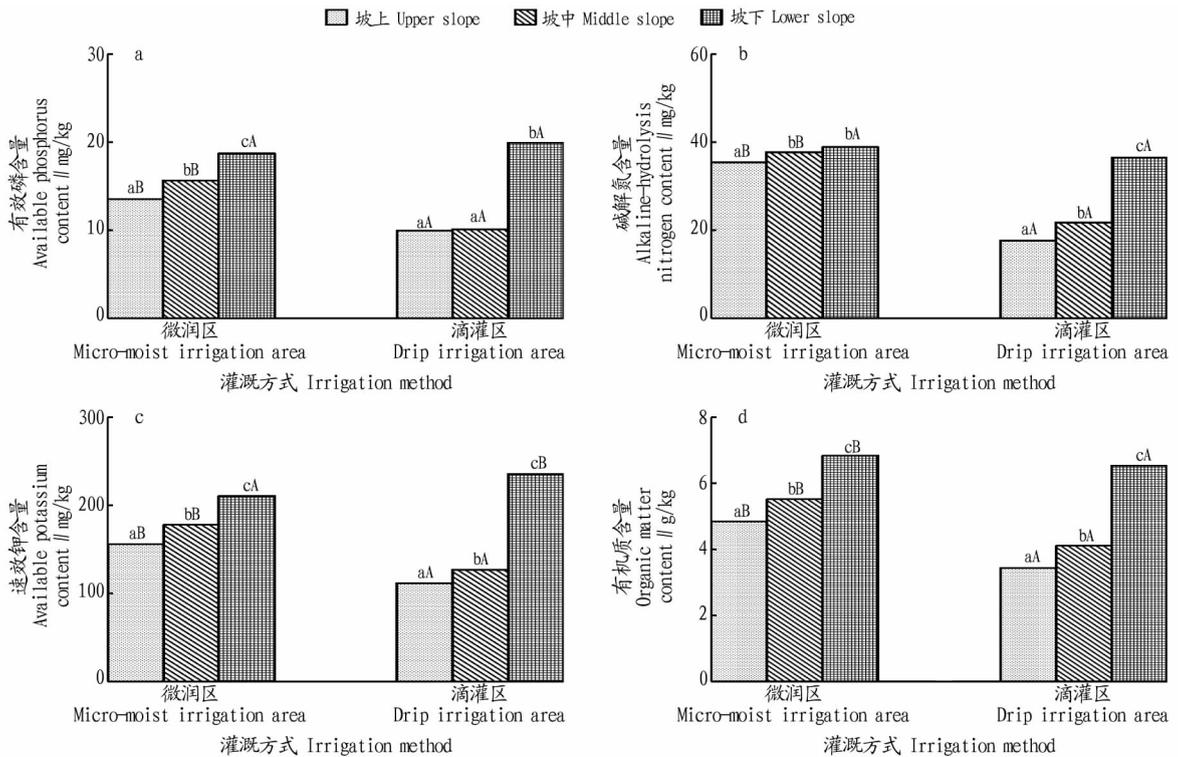
式、植被盖度、土壤质地和水土流失状况等有关<sup>[8-9]</sup>。由于微润灌溉采用的是缓慢微渗的方式,基本无径流产生,土壤养分受淋溶作用较小,大都是受自然降水导致的淋溶作用。因此,在整体上微润区的土壤养分含量高于滴灌区。而滴灌方式会在地表产生径流,导致坡上和坡中位置的土壤养分受淋溶作用强烈,使养分向坡下转移,并且由于径流的作用,使得土壤团粒结构被破坏,土壤保墒保肥作用减弱<sup>[10]</sup>,最终使得滴灌区坡上、坡中位置的土壤养分与坡下位置的土壤养分含量差异显著。

**2.2 植被生长状况分析** 从图3可以看出,同一灌溉区的植株高度随着边坡位置的升高呈现出逐渐下降的变化趋势,即植株高度与坡面位置成反比例关系。但不同的灌溉方式植株高度的差异也不同,在微润区,随着坡面位置的变化,植株高度变化不大,最高与最低值之间相差6 cm;滴灌区则表现出坡上与坡中位置的植株高度相对较小,且二者之间的差值不大,但坡下位置的植株高度达46 cm,分别是坡上、坡中位置的1.77、1.59倍,差异显著。

从总体来看,同一位置不同灌溉方式下的植株高度表现为微润区大于滴灌区。坡上、坡中位置的植株高度微润区比滴灌区分别高9和8 cm,但坡下位置的植株高度微润区较滴灌区低5 cm。

造成上述植株高度差异性的原因可能与土壤含水量、土壤养分状况和立地条件等因素有关,在一定范围内植株的生长高度随着灌水量和养分的减少而降低<sup>[11-13]</sup>。微润灌溉相较于滴灌方式可以稳定保持土壤的含水量,保障植物生长所需的水分。在上述研究中,滴灌方式下的土壤养分含量在坡上和坡中位置较低,而在坡下位置的养分相对最高,且在整体上微润区的养分含量高于滴灌区。因此,微润区的植株高

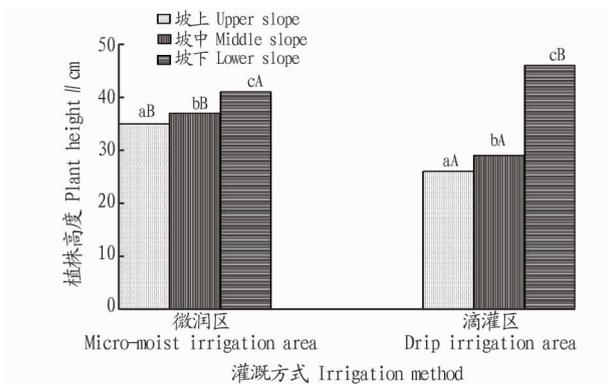
度在坡上和坡中位置上整体上高于滴灌区,在坡下位置微润区的植株高度略低于滴灌区。



注:不同小写字母表示同一灌溉方式下不同坡位之间差异显著( $P<0.05$ );不同大写字母表示同一坡位下不同灌溉方式之间差异显著( $P<0.05$ )  
 Note: Different lowercase letters indicate significant differences between different slope positions under the same irrigation method ( $P<0.05$ ); different capital letters indicate significant differences between different irrigation methods under the same slope position ( $P<0.05$ )

图 2 不同灌溉方式下土壤养分变化

Fig.2 Changes of soil nutrient under different irrigation methods



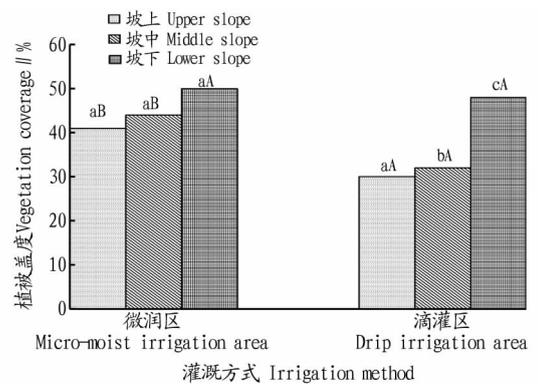
注:不同小写字母表示同一灌溉方式下不同坡位之间差异显著( $P<0.05$ );不同大写字母表示同一坡位下不同灌溉方式之间差异显著( $P<0.05$ )

Note: Different lowercase letters indicate significant differences between different slope positions under the same irrigation method ( $P<0.05$ ); different capital letters indicate significant differences between different irrigation methods under the same slope position ( $P<0.05$ )

图 3 不同灌溉方式下植株高度变化

Fig.3 Changes of plant height under different irrigation methods

**2.3 植被盖度分析** 从图 4 可以看出,同一灌溉方式下的植被盖度均表现为坡下>坡中>坡上,其中滴灌区植被盖度不同坡位之间差异显著,而微润区的差异不显著。滴灌区坡下位



注:不同小写字母表示同一灌溉方式下不同坡位之间差异显著( $P<0.05$ );不同大写字母表示同一坡位下不同灌溉方式之间差异显著( $P<0.05$ )

Note: Different lowercase letters indicate significant differences between different slope positions under the same irrigation method ( $P<0.05$ ); different capital letters indicate significant differences between different irrigation methods under the same slope position ( $P<0.05$ )

图 4 不同灌溉方式下植被盖度变化

Fig.4 Changes of vegetation coverage under different irrigation methods

置的植被盖度分别为坡上、坡中位置的 1.60 和 1.50 倍,而微润区的坡下植被盖度分别仅为坡上、坡中位置的 1.22 和 1.14

倍。同一坡位下的植被盖度均呈现出微润区>滴灌区的变化规律,如坡上位置,微润区为滴灌区的 1.37 倍。在坡下位置时,微润区与滴灌区的植被盖度差值较小,仅为 2 百分点,主要是由于滴灌区受径流和淋溶等作用的影响,坡下位置的土壤含水量及土壤养分含量较高,因此,滴灌区坡下位置的植被长势良好,植被覆盖度较高。

### 3 结论与讨论

无论是采用微润灌溉还是滴灌方式,土壤中的养分含量、植株高度和植被盖度均表现为坡下>坡中>坡上,且微润灌溉区的养分含量、植株高度和植被盖度在整体上均高于滴灌区。受径流和淋溶等作用的影响,滴灌方式的坡上、坡中位置的土壤养分流失较多,且植被长势较差;而微润灌溉方式下的土壤养分含量、植株高度和植被盖度在不同坡位之间的差异不显著,整体性表现良好。因此在干旱区路域植物养护中可优先采用微润灌溉模式,增强植被恢复的整体性和有效性。

利用滴灌的养护方式,受径流量和淋溶作用的影响较大,因此在后期养护过程中要注重单次滴灌量、滴灌频率以及做好截排水措施。相比于滴灌方式,微润灌溉的初期建设成本较高,因此,在后期研究中对其布设方式加以改进,以达到降低建设成本目的。

(上接第 171 页)

中的营养成分,有利于其功能成分综合发挥抗氧化作用。绿茶中的茶多酚、多糖、多肽等都具有抗氧化活性,其中尤以茶多酚活性突出<sup>[16-18]</sup>,该研究使用的绿茶提取物即以茶多酚为功能和标志性成分。 $V_c$  的使用量根据中国居民膳食指南推荐为 100 mg/d<sup>[19]</sup>,在其中既作为功效成分发挥抗氧化功能,又作为风味调味剂丰富和改善口感。

该研究按照保健食品抗氧化功能评价方法,先后采用动物功能试验和人体试食试验,综合验证了芦荟火龙果绿茶冲剂具有抗氧化功能。受试样品基于多种功能物质协同作用的理论进行复配,未来可进一步探究受试样品中库拉索芦荟、红心火龙果、茶多酚和  $V_c$  协同发挥抗氧化作用的内在机理,并开展多中心、大样本的随机对照临床试验,以对其抗氧化功能进行更深入的研究和更广泛的验证。

### 参考文献

- [1] 乔凤云,陈欣,余柳青.抗氧化因子与天然抗氧化剂研究综述[J].科技通报,2006,22(3):332-336.
- [2] 周玮婧.天然抗氧化剂协同增效作用的研究进展[J].中国食品工业,2011(12):66-67.
- [3] 孙全贵,龙子,张晓迪,等.抗氧化系统研究新进展[J].现代生物医学进展,2016,16(11):2197-2200,2190.
- [4] 闫昌誉,李晓敏,李家炜,等.芦荟的研究进展与产业化应用[J].今日药学,2021,31(2):81-90.
- [5] GAO Y, KUOK K I, JIN Y, et al. Biomedical applications of *Aloe vera* [J]. Critical reviews in food science and nutrition, 2019, 59(S1): S244-S256.

### 参考文献

- [1] 史丽艳.不同灌水方式下玉米生长及根区水、盐及硝态氮运移规律研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2013.
- [2] 陈新明,蔡焕杰,王占兵,等.无压根区地下灌溉技术试验研究[J].农业工程学报,2004,20(1):76-79.
- [3] 田巍,刘学军,马海峰.宁夏盐环扬黄灌区节水潜力测算与分析研究[J].安徽农业科学,2012,40(29):14417-14420.
- [4] 孙传安,吉木色.铁路路基边坡植物防护和绿化浅谈[J].草原与草业,2017,29(4):18-21.
- [5] 王磊.新建铁路石质路基边坡绿化方法与应用[J].铁道建筑,2013,53(6):112-114.
- [6] 杨皓宇.基于遗传算法的高速公路中央绿化带滴灌管径优化设计[D].雅安:四川农业大学,2009.
- [7] 李戎,杜军.滴灌技术在高速公路绿化中推广应用的难点与对策[J].陕西林业科技,2013(6):77-80.
- [8] 赵勇,樊巍,吴明作,等.太行山丘陵区刺槐人工林主要养分元素分配及循环特征[J].中国水土保持科学,2009,7(5):111-116,124.
- [9] 李传人,艾应伟,郭培俊,等.铁路边坡不同坡位土壤物理化学性质差异性[J].水土保持学报,2012,26(6):91-95,101.
- [10] AGNELLI A, CELI L, CORTI G, et al. Organic matter stabilization in soil aggregates and rock fragments as revealed by low-temperature ashing (LTA) oxidation [J]. Soil biology & biochemistry, 2008, 40(6): 1379-1389.
- [11] 赵陟峰,王冬梅,赵廷宁.保水剂对煤矸石基质上高羊茅生长及营养吸收的影响[J].生态学报,2013,33(16):5101-5108.
- [12] 李晓娜,武菊英,腾文军,等.再生水灌溉对苜蓿生长及养分吸收的影响[J].自然资源学报,2007,22(2):198-203.
- [13] 王胤飞.不同肥料及浓度对边坡修复植物生长的影响研究[D].北京:中国地质大学(北京),2020.
- [6] 孙卉,金含,杨容容,等.红心火龙果功能特性及其产品开发研究进展[J].中国酿造,2019,38(7):16-19.
- [7] 刘慧.绿茶及茶多酚药理作用研究进展[J].安徽农业科学,2014,42(28):9926-9927,9929.
- [8] PADAYATTY S J, KATZ A, WANG Y H, et al. Vitamin C as an antioxidant: Evaluation of its role in disease prevention [J]. Journal of American college of nutrition, 2003, 22(1): 18-35.
- [9] 王鹤,刘磊,任立焕,等.蓝莓绿茶雪莲冲剂抗氧化作用的研究[J].食品科技,2020,45(8):122-126.
- [10] 廉翠翠,查圣华,王俊亮,等.雪莲培养物保健食品的抗氧化功能研究[J].食品研究与开发,2020,41(13):43-49.
- [11] 刘泽鑫,刘畅,钱和.芦荟多糖复方体外抗氧化及预防小鼠酒精性肝损伤作用[J].食品科技,2020,45(2):211-218.
- [12] KANG M C, KIM S Y, KIM Y T, et al. In vitro and in vivo antioxidant activities of polysaccharide purified from *Aloe vera* (*Aloe barbadensis*) gel [J]. Carbohydrate polymers, 2014, 99: 365-371.
- [13] 肖默艳,黄燕芬,王伟伟,等.红心火龙果果肉中活性成分与其抗氧化能力的相关性研究[J].食品工业科技,2020,41(11):98-103,133.
- [14] 李珊,梁俭,冯群,等.红心与白心火龙果总糖、还原糖含量及其抗氧化活性的对比分析[J].粮食与油脂,2020,33(5):20-24.
- [15] 李艳平,程桂广,张甜,等.2种火龙果的果肉果皮成分及其抗氧化活性对比[J].食品科技,2019,44(9):88-92.
- [16] 程学敏,黎海娟,黄茜,等.绿茶多酚对急性酒精性肝损伤小鼠抗氧化能力及细胞色素 C 水平的影响[J].中国老年学杂志,2017,37(1):40-42.
- [17] 彭毅,张静,王祯,等.绿茶茶多糖的抗氧化活性及对入肺癌细胞的抑制作用[J].解剖科学进展,2019,25(6):651-654.
- [18] 张子迪,李宜慧,朱彩霞,等.绿茶蛋白质的提取及抗氧化肽的制备研究[J].安徽农业科学,2020,48(7):202-206,212.
- [19] 中国营养学会.中国居民膳食指南 2016 [M].北京:人民卫生出版社,2016.