

盐分胁迫对养心菜生长及品质指标的影响

张国新, 王秀萍, 姚玉涛, 薛志忠, 孙叶烁, 丁守鹏 (河北省农林科学院滨海农业研究所, 河北唐山 063200)

摘要 [目的]研究土壤盐分对养心菜生长及品质等指标的影响,为不同程度盐碱地条件下养心菜的功能性栽培提供技术支持。[方法]采用原土调配盆栽试验,通过CK(0.65 g/kg)、T₁(2.00 g/kg)、T₂(4.00 g/kg)、T₃(6.00 g/kg)、T₄(8.00 g/kg)5个盐分胁迫处理,进行株高、单株产量指标及单宁、黄酮、硝酸盐、Vc等品质指标分析。[结果]养心菜株高、茎数、单株产量均随盐分增加而逐渐减小,CK、T₁处理间单株产量差异不显著,与其他3个处理间差异均达显著水平;随盐分增大,单宁含量逐渐增加,养心菜植株中黄酮含量先增加后减小,4个处理与对照比较均达显著水平,其中T₄处理达到最大值,变幅在1.12~1.36 mg/g之间。随着盐分增加,硝酸盐含量逐渐减小,4个处理与对照比较均达显著水平;Vc含量除T₁处理较对照略有增加外,其他处理均逐渐减小,与对照比较均达显著水平。[结论]养心菜作为盐碱地食用栽培,以含盐量2.00 g/kg的轻度盐碱地为宜;成分提取及功能性开发栽培,以土壤含盐量不超过4.00 g/kg为宜。

关键词 盐胁迫;养心菜;生长指标;品质

中图分类号 S567.23 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2020)08-0054-03

doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2020.08.014



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Effects of Salt Stress on the Growth and Quality Indexes of *Sedum aizoon* L.

ZHANG Guo-xin, WANG Xiu-ping, YAO Yu-tao et al (Institute of Coastal Agriculture, Hebei Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Tangshan, Hebei 063200)

Abstract [Objective] The effects of soil salinity on growth, quality and other indicators of *Sedum aizoon* L. were studied to provide technical support for functional cultivation of *Sedum aizoon* L. under different saline alkali soils. [Method] The pot experiment was carried out with original soil blending. The plant height, yield index per plant, tannin, flavonoid, nitrate, VC and other quality indexes were analyzed by five salt stress treatments of CK (0.65 g/kg), T₁ (2.00 g/kg), T₂ (4.00 g/kg), T₃ (6.00 g/kg) and T₄ (8.00 g/kg). [Result] Plant height, stem number and the yield per plant decreased gradually with the increase of salt content, and there was no significant difference in the yield per plant between the CK and T₁ treatment, and the differences with other three treatments reached significant levels; with the increase of salinity, the tannin content increased gradually. With the increase of salt, the content of flavonoids in *Sedum aizoon* L. increased at first and then decreased, and the content of flavonoids in the four treatments reached a significant level compared with CK, among which T₄ treatment reached the maximum, with a range of 1.12–1.36 mg/g. With the increase of salinity, the content of nitrate gradually decreased, and the four treatments reached a significant level compared with the control; except for the T₁ treatment, which slightly increased compared with the control, the other treatments gradually decreased and reached a significant level compared with the control. [Conclusion] As an edible cultivation in saline-alkali land, it is suitable for mild saline alkali land with salt content of about 2.00 g/kg, and for component extraction and functional development and cultivation, soil salt content should not exceed 4.00 g/kg.

Key words Salt stress; *Sedum aizoon* L.; Growth index; Quality

养心菜(*Sedum aizoon* L.),学名费菜,为景天科景天属多年生草本宿根植物,在我国分布广泛,是一种食用、药用及园林兼用植物。养心菜茎叶富含铁、钙等矿质元素,营养价值丰富^[1],可食用也可加工茶、饮料等^[2-3]。植株含谷醇、类黄酮、槲皮素等多种药用物质^[4-5],经常食用能有效治疗高血压和心脏病等心血管疾病^[6],具有极高药用价值^[7];由于其耐旱及耐寒性好,适应性强,是风沙治理及园林绿化的优选植物^[8-9]。

土壤盐渍化是一个世界性的难题,我国盐碱地面积约3 600万hm²^[10]。盐碱地作为耕地的重要后备资源,如何开发利用逐渐受到重视。研究表明,养心菜苗期具有强耐盐性^[11],成株期可耐12 g/L的咸水浇灌^[12],适宜在盐碱地栽培,利用盐碱地进行养心菜优质生产及功能成分开发具有较大潜力。目前,国内外对养心菜研究较少,且主要集中在栽培技术^[13]、药理及黄酮提取工艺研究^[14-15]、干旱胁迫生理性研究方面^[16-17],但盐胁迫方面研究较少,尤其盐碱地条件下,盐分胁迫对其主要营养及功能品质成分影响未见报道。笔者利用滨海盐碱土进行养心菜胁迫试验,旨在探讨不同梯度盐分对养心菜品质指标的影响,明确土壤盐分与其指标的关系,

为不同盐碱条件下养心菜的高质栽培及药用成分提取提供数据支撑。

1 材料与方法

1.1 试验材料 试验材料养心菜,来源于河北省农林科学院滨海农业研究所,2017年5月扦插苗。

1.2 试验设计 试验在河北省农林科学院滨海农业试验站耐盐鉴定棚进行。选取含盐量9.5 g/kg粘质滨海盐土及含盐量0.65 g/kg粘质非盐碱土,风干碾碎过筛,按质量法进行调配,设计0.65、2.00、4.00、6.00、8.00 g/kg等5个盐分处理,分别以T₁、T₂、T₃、T₄、T₅表示,其中T₁为对照,其实际土壤盐分含量为0.65 g/kg,即未添加滨海盐土,其他处理含盐量均按设计比例配制。采用盐碱原土盆栽方法,用底带托盘花盆,规格为口径×高=30 cm×25 cm,每盆装配制好盐碱土10 kg。2017年10月,选取具3个地上茎、根部及上部基本长势一致的养心菜苗进行移栽,每盆1株,每处理5盆,3次重复。移栽后每盆浇水2 L,漏出水回浇到盆中。生长期每隔30 d施肥1次,每盆施入尿素2 g,水分采用湿润管理,补水时每盆定量浇水1 L。

1.3 指标测定 2018年6月,在养心菜生长旺盛期,取样调查。茎数:统计每盆总茎数;株高:每株取中间位置10根地上茎,采用直尺测量基部到生长点高度。单株鲜重:每盆地

基金项目 河北省科技厅研发项目(16226304D-5)。
作者简介 张国新(1971—),男,河北青龙人,研究员,从事盐碱地果蔬耐盐及高质栽培技术研究。
收稿日期 2019-08-28

上植株的重量。每盆取中间部分留样,每处理 5 个样混样保存,进行品质指标测定。单宁含量测定采用国家农业行业标准 NY/T 1600-2008 分光光度法;黄酮含量测定按陈克克等^[18]的方法进行;硝酸盐含量测定采用国家标准 GB 5009.33-2016 紫外分光光度法; V_c 含量采用二氯酚靛酚滴定法测定;蛋白质含量测定采用考马斯亮蓝 G-250 法。

1.4 数据分析 数据处理及图表制作采用 Microsoft Office Excel 97-2003 数据处理软件;差异显著性采用 DPS 数据处理系统分析,不同小写字母表示不同处理在 0.05 水平差异显著。

2 结果与分析

2.1 盐分对养心菜生长及产量指标的影响 图 1~3 表明,随着盐分增加,养心菜株高逐渐减小,与对照(T_1)比较, T_2 处理下降 5.1%,降幅较小,在 0.05 水平上差异不显著,其他 3 个处理分别较对照下降 45.1%、70.5%、86.2%,与对照间差异均达显著水平;茎数随着盐分增加逐渐减小,与对照相比,降幅在 8.8%~55.0%之间,除 T_2 处理差异不显著外,其他 3 个处理与对照均达显著水平;随着盐分增加,养心菜单株产量逐渐降低,与对照比较, T_2 处理下降 9.1%,与对照间差异不显著, T_3 、 T_4 、 T_5 处理分别下降 45.2%、76.4%、90.2%,与对照间差异达显著水平,且 3 个处理间差异显著。

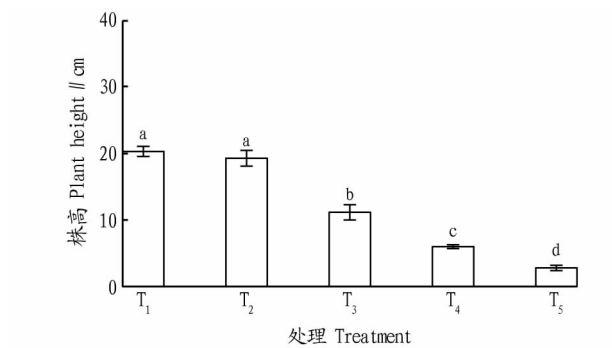


图 1 不同盐分含量对养心菜株高的影响

Fig.1 Effects of different salt content on the plant height of *Sedum aizoon* L.

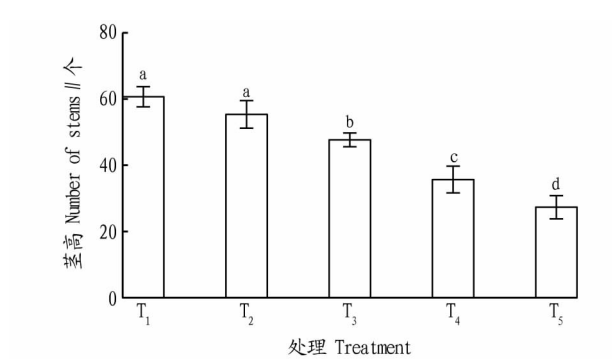


图 2 不同盐分含量对养心菜茎数的影响

Fig.2 Effects of different salt content on the number of stems of *Sedum aizoon* L.

2.2 盐分对养心菜功能品质指标的影响 单宁又称植物多酚,是一种具有抗氧化活性的次生代谢物质,具涩味,养心菜单宁含量过高会影响加工后的口感。图 4 表明,随着土壤盐分增加,单宁含量逐渐增大, T_2 、 T_3 、 T_4 、 T_5 处理与对照相比,

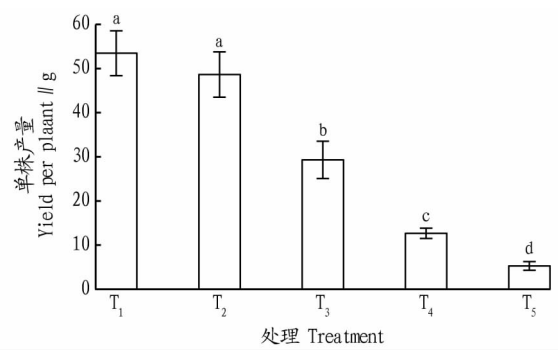


图 3 不同盐分含量对养心菜产量的影响

Fig.3 Effects of different salt content on the yield of *Sedum aizoon* L.

分别提高 47.5%、77.5%、227.5%、1 470.0%,尤其盐分达 6.00 g/kg,养心菜中单宁含量急剧增加,当土壤盐分达 8.00 g/kg 时,单宁含量较对照增加近 15 倍,说明高盐分抑制植株生长的同时,促进了单宁物质的快速累积。黄酮化合物是一种具药用成分的有益化合物,广泛分布于植物中。从图 5 可看出,随着土壤盐分增加,养心菜植株中黄酮含量先增加后减小,变幅在 1.12~1.36 mg/g 之间,其中 T_4 处理达到最大值,与 T_5 处理比较差异不显著,但 T_2 、 T_3 、 T_4 、 T_5 处理与对照比较差异均达显著水平,说明盐分胁迫有利于黄酮类物质积累,但总体变幅不大。

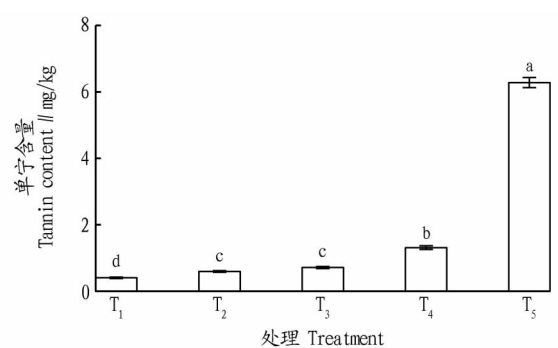


图 4 盐分对养心菜植株单宁含量的影响

Fig.4 Effects of different salt content on the tannin content of *Sedum aizoon* L.

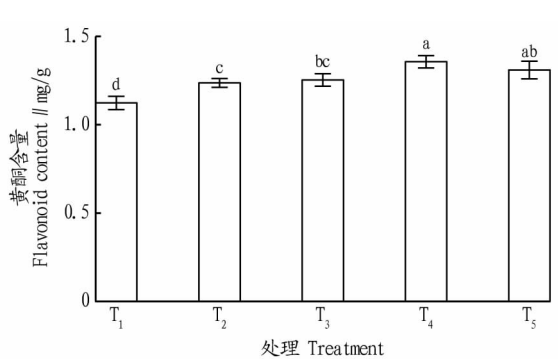


图 5 盐分对养心菜植株黄酮含量的影响

Fig.5 Effects of different salt content on the flavonoid content of *Sedum aizoon* L.

2.3 土壤盐分对养心菜营养品质指标的影响 硝酸盐是评价蔬菜安全性的重要指标,从图 6 可看出,随着土壤盐分增

加,养心菜植株硝酸盐含量有减小趋势, T_2 、 T_3 、 T_4 、 T_5 处理分别较对照养心菜植株硝酸盐含量降低 15.9%、18.5%、27.4%、67.8%,与对照相比,差异均达显著水平, T_2 与 T_3 处理间差异不显著;随着盐分增加,Vc 含量先升高后减小,其中 T_2 处理达到最大值,较对照增加 1.8%,差异不显著, T_3 、 T_4 、 T_5 处理与对照相比均达显著水平,且 3 个处理间差异显著。

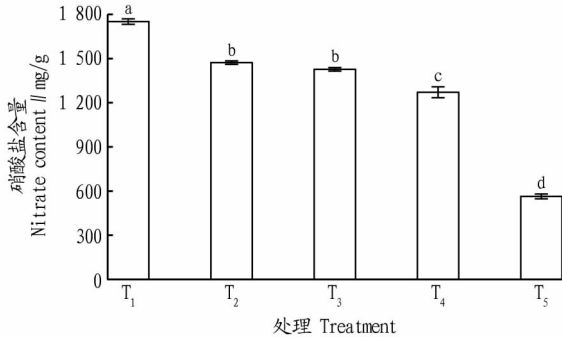


图 6 盐分对养心菜植株硝酸盐含量的影响

Fig.6 Effects of different salt content on the nitrate content of *Sedum aizoon* L.

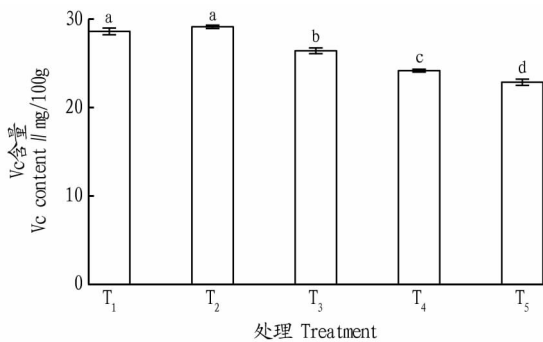


图 7 盐分对养心菜植株 Vc 含量的影响

Fig.7 Effects of different salt content on the Vc content of *Sedum aizoon* L.

3 讨论与结论

盐胁迫是一类非生物胁迫,抑制植物的生长发育^[19]。该研究表明,养心菜株高、茎数均随盐分增加而逐渐减小,这与王秀萍等^[12,20]研究结果一致。养心菜作为以茎叶为利用的植物,地上鲜重直接代表其产量水平,体现其盐碱地可栽培价值,从试验结果可看出,当土壤盐分含量达到 2.00 g/kg 时,地上鲜重与对照比较差异不显著,与其他 3 个盐分处理间差异均达显著水平,尤其当盐分达到 6.00 g/kg 时,地上单株鲜重较对照下降 70% 以上、株高及茎数显著降低,说明高盐分极大抑制了养心菜地下生长,土壤盐分低于 4.00 g/kg 的盐碱地,更能保证产量水平。

逆境胁迫下,果蔬通过体内抗氧化活性物质含量来消除或减轻由胁迫引发的活性氧伤害是很多植物抵抗逆境的有效方式^[21]。单宁是普遍存在于植物中的一种水溶性多酚类物质,属于具有抗氧化活性的次生代谢物质,在食品行业中可作为功能性添加成分,但过量的单宁会给食品带来较重的涩味^[22]。养心菜盐碱地食用性栽培,盐分对其单宁影响非常重要,该研究表明,随着土壤盐分增加,养心菜植株内单宁

含量逐渐增大,尤其 6.00、8.00 g/kg 2 个盐分处理较对照分别增加 227.5%、1 470.0%,说明高盐环境促进了单宁形成积累,这与叶黄素代谢途径的应答在很大程度上敏感于盐胁迫的水平相似^[23],可能与其代谢途径有关,盐碱地食用栽培中要尽量降低土壤盐分,保证口感。黄酮是养心菜主要的药理成分^[24],该研究表明,随着土壤盐分升高,养心菜植株黄酮含量逐渐增加,这与苏虎等^[24]关于盐胁迫对草珊瑚总黄酮含量的影响研究结果一致,说明盐分胁迫有利于黄酮化合物的合成。

一般情况下,盐胁迫会降低蔬菜的产量并影响其营养品质变化,但因种类、盐胁迫程度的不同,影响有所差异。硝酸盐作为蔬菜食用安全性的重要指标,叶果菜类等均有一定的安全限值。该研究表明,供试条件下养心菜植株中硝酸盐含量变幅在 563.7~1 751.3 mg/kg 之间,均在安全限值内,且随土壤盐分增加逐渐减小,这与姜娜娜等^[25]对盐胁迫下盐芥硝酸盐的吸收研究结果基本一致,可能与盐分胁迫抑制了养心菜生长,从而影响了 N 素吸收有关。随着盐分增加,养心菜 Vc 含量呈现小幅升高后逐渐减小趋势,盐分越高,下降越明显,其中 2.00 g/kg 盐分处理 Vc 含量达到最高值(为 29.13 mg/100 g),但与对照间差异不显著,与其他几个处理间差异均达显著水平,说明适度低盐胁迫有利于养心菜 Vc 形成,高盐影响养心菜的营养品质。综合分析看,养心菜作为盐碱地食用栽培,以含盐量 2.00 g/kg 的轻度盐碱地为宜;养心菜作为成分提取及功能性开发栽培,以土壤含盐量不超过 4.00 g/kg 为宜。

参考文献

- [1] 余宏军,蒋卫杰,孙奂明,等.十九种稀特蔬菜的营养价值[J].北方园艺,2008(8):52-56.
- [2] 王小会,张丽霞,孙庆娜.干燥温度对景天三七茶香气的影晌[J].食品研究与开发,2013,34(8):28-32.
- [3] 卞国勇,王伟,胡艳慧,等.紫山药—养心菜—蓝莓复合保健饮料的研制[J].包装与食品机械,2018,36(2):6-9.
- [4] 于志斌,杨广义,吴霞,等.救心草的化学成分研究[J].天然产物研究与开发,2007,19(1):67-69.
- [5] 林珠灿,房英娟,黄安玉,等.高效液相色谱法同时测定不同产地及不同药用部位景天三七中 4 种黄酮类成分的含量[J].分析科学学报,2013,29(6):819-822.
- [6] 王娜,王奇志.费菜的临床应用及其研究进展[J].北方园艺,2011(23):171-174.
- [7] 孟飞,罗霄,冯江,等.费菜药理学研究概况[J].辽宁中医药大学学报,2010,12(8):31-33.
- [8] 苑森朋,张振师,党廷辉,等.毛乌素沙地光伏电站 3 种植物措施生长发育状况及其生态功能比较[J].水土保持研究,2018,25(2):235-239.
- [9] 涂爱萍.屋顶绿化景天属植物的适应性研究[J].湖北农业科学,2011,50(4):717-719,727.
- [10] 全国土壤普查办公室.中国土壤[M].北京:中国农业出版社,1998.
- [11] 田晓艳,刘延吉,张蕾,等.4 种景天属植物抗盐胁迫能力的差异[J].草原与草坪,2010,30(3):57-60.
- [12] 王秀萍,张国新,鲁雪林,等.养心菜的耐盐性及其对滨海盐碱土的改良效果研究[J].安徽农业科学,2010,38(4):1796-1799.
- [13] 宋波,徐海,陈龙正,等.绿色保健蔬菜费菜的优质高效栽培技术[J].江苏农业科学,2010(6):246.
- [14] 刘雪梅,吴符火,黄启福.养心草胶囊调脂作用药效学实验研究[J].中国病理生理杂志,2005,21(8):1628.
- [15] JIN C B, WEI X C, YANG S L, et al. Microwave assisted extraction and antioxidant activity of flavonoids from *Sedum aizoon* leaves[J]. Food science and technology research, 2017, 23(1):111-118.

(下转第 71 页)

受人均耕地因子影响较强。宁夏生态移民工程对全区生态移民新村的基础设施统一高标准建设,提升了生态移民的生产生活用水和用电方便程度;年龄在 45 岁以上的移民有父母要养老,儿女要成家,需要更多经济支出,然而求职的机会和范围比 45 岁以下的移民小,生活压力大,因此对新聚落和新活动空间的满意度较低,反之 45 岁以下的移民有较高的满意度;家庭年收入是移民家庭发展的基础,较高的收入能够解决温饱,改善生活质量,提高发展水平,也能带来较高的满意度。

性别、民族、健康、婚姻、培训、家庭人口数量、移民时间、距最近国道距离、距离城市距离、教育医疗设施及服务等因素对生态移民新聚落和新活动空间满意度的影响不显著。但考虑其相应系数(β),仍认为其对生态移民满意度有一定影响,比如女性比男性满意的意愿强;移民时间越长的移民满意的意愿强;参与过就业技能培训的移民满意意愿强;家庭人口越多较满意的意愿强。

5 建议

立足生态移民新村村民对新聚落和新活动空间满意度影响因子及其作用机制,提出如下建议。

5.1 重视生态移民青少年的学历教育 政府和社会应提供足够的资金和条件保证生态移民年轻一代的基础教育,支持初中毕业生接受职业教育,扶持鼓励更多年轻人接受高等教育,提高移民下一代的学历水平。

5.2 鼓励和支持生态移民新村附近的农业产业园区发展 产业化是带动农村经济发展的重要模式,也是移民新村村民的主要就业平台和工作机会,可以有效地带动移民新村农业、服务业的发展,提高生态移民的年收入。

5.3 完善移民新村周边农田灌溉设施 作为生态移民迁入区的宁夏平原干旱少雨,自古依靠灌溉发展农业,灌溉设施也是生态移民新村发展农业的基础,完善灌溉设施可优化生态移民新村的生产和生态空间。

5.4 关注 45 岁以上生态移民的就业问题 城市中存在“4050”就业难的问题,在生态移民新村这一问题更为突出,政府和社会对生态移民新村中 45~60 岁人群应给予更有利的就业扶持措施,如加强就业技能培训、特岗特招、劳务派遣、庭院经济扶持等。

参考文献

[1] 贾耀锋.中国生态移民效益评估研究综述[J].资源科学,2016,38(8):

1550-1560.

[2] CERNEA M M.For a new economics of resettlement: A sociological critique of the compensation principle [J]. International social science journal, 2004, 55(175): 37-45.

[3] CHATTY D.Dispossession and displacement to protect nature: The mobile harasiis tribe faces the 21st century[M]//彼特·纳斯,郝时远,张小敏.国际人类学与民族学联合会第十六届大会主旨发言、名家讲座.北京:知识产权出版社,2011:163-178.

[4] KIRCHHERR J,CHARLES K J.The social impacts of dams: A new framework for scholarly analysis[J].Environmental impact assessment review, 2016,60:99-114.

[5] KITTINGER J N,COONTZ K M,YUAN Z P,et al.Toward holistic evaluation and assessment: Linking ecosystems and human well-being for the three gorges dam[J].EcoHealth, 2009,6(4): 601-613.

[6] HU Y C,ZHOU W,YUAN T J.Environmental impact assessment of ecological migration in China: A survey of immigrant resettlement regions [J]. Zhejiang Univ Sci A,2018,19(3): 240-254.

[7] 刘彦随,周扬,刘继来.中国农村贫困化地域分异特征及其精准扶贫策略[J].中国科学院院刊,2016,31(3): 269-278.

[8] 武鹏,李同昇,李卫民.县域农村贫困化空间分异及其影响因素:以陕西山阳县为例[J].地理研究,2018,37(3): 593-606.

[9] 杨慧敏,罗庆,李小建.河南省县域贫困程度及影响因素分析[J].人文地理,2017,32(5): 48-55.

[10] 许家伟,何长涛,乔家君,等.村落公共空间的农户认知与支付意愿:以河南省双沟村为例的经验研究[J].经济地理,2012,32(3): 120-125.

[11] 李屹峰,罗玉珠,郑华,等.青海省三江源自然保护区生态移民补偿标准[J].生态学报,2013,33(3): 764-770.

[12] 刘红.三江源生态移民补偿机制与政策研究[J].中南民族大学学报(人文社会科学版), 2013,33(6): 101-105.

[13] 钟晓兰,李江涛,冯艳芬,等.农户认知视角下广东省农村土地流转意愿与流转行为研究[J].资源科学,2013,35(10): 2082-2093.

[14] 卢艳领,李丽红,任宁,等.基于二元 Logistic 模型的贫困山区农村土地流转意愿影响因素研究:源于河北省贫困山区县的调研样本[J].中国农业资源与区划,2018,39(7): 137-143,211.

[15] 赵宏利,陈修文,姜越,等.生态移民后续产业发展模式研究:以三江源国家级自然保护区为例[J].生态经济,2009(7): 105-108.

[16] 侯茂章,周璟.湖南省易地扶贫搬迁后续产业发展研究[J].经济地理,2017,37(8): 176-181.

[17] 朱志玲,吴咏梅,张敏.基于 GIS 的宁夏生态环境敏感性综合评价[J].水土保持研究,2012,19(4): 101-105,111.

[18] 米文宝,梁晓磊,米楠.限制开发生态区主体功能细分研究:以宁夏同心县为例[J].经济地理,2013,33(1): 142-148.

[19] 文琦,丁金梅,纳静涛.宁夏农民人均纯收入时空演进格局分析[J].干旱区地理,2014,37(3): 596-600.

[20] 黄志刚,陈晓楠.生计资本对农户移民满意度影响分析:以陕西南部地区为例[J].干旱区资源与环境, 2018, 32(11): 47-52.

[21] 杨永梅,郭志林,洪荣昌,等.基于因子分析的格尔木市郊工程移民满意度评价[J].干旱区资源与环境, 2013, 27(9): 38-43.

[22] 王芳,梁福明,杨兆萍,等.新疆天山遗产地居民对生态移民的感知及满意度研究[J].干旱区地理,2019,42(3): 653-663.

[23] 新华社.李克强说,不断提升人民群众的获得感、幸福感、安全感 [EB/OL]. (2018-03-05) [2019-05-06]. http://www.gov.cn/guowuyuan/2018-03/05/content_5270934.htm.

[24] 冯国刚.改革开放 40 年——闽宁镇的巨变 [EB/OL]. (2018-09-20) [2019-05-06]. http://www.ccdi.gov.cn/toutu/201809/t20180920_180166.html.

(上接第 56 页)

[16] 苏丹,孙国峰,张金政,等.水分胁迫对费菜和长药八宝生长及生物量分配的影响[J].园艺学报,2007,34(5): 1317-1320.

[17] 吴永华,许宏刚,张建旗,等.14 种景天属植物的抗旱性比较[J].草业科学,2012,29(6): 904-908.

[18] 陈克克,强毅.陕西产景天三七总黄酮含量的测定[J].北方园艺,2011(24): 214-216.

[19] MUNNS R,TESTER M.Mechanisms of salinity tolerance[J].Annu Rev Plant Biol,2008,59:651-681.

[20] 张国新,刘雅辉,李强,等.梯度滨海盐土对费菜生长指标及 Na^+ 、 K^+ 分

布的影响[J].中国农学通报,2015,31(10): 163-166.

[21] KRANNER I,BIRTIC S.A modulating role for antioxidants in desiccation tolerance[J].Integrative and comparative biology,2005,45(5): 734-740.

[22] 石碧,狄莹.植物多酚[M].北京:科学出版社,2000:180-191.

[23] STAMATAKIS A,PAPADANTONAKIS N,SAVVAS D,et al. Effects of silicon and salinity on fruit yield and quality of tomato grown hydroponically[J].Acta horticulturae (ISHS), 2003,609: 141-147.

[24] 苏虎,周春丽.不同逆境胁迫条件对草珊瑚总黄酮含量的影响[J].安徽农业科学,2009,37(17): 7995-7996.

[25] 姜娜娜,崔凤,刘泽阳,等.盐胁迫对盐芥硝酸盐的吸收及根系生长发育的影响[J].山东农业科学,2017,49(9): 37-41.