

Study of Low Temperature and Weak Light on Change of Some Electro-Physiological Index and Its Correlation with Chilling Injury Index of Sweet (Hot) Pepper Seedlings

Yaning Meng, Libin Yan, Yanqin Fan*

Institute of Economic Crops, Hebei Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Shijiazhuang Hebei
Email: yaningmeng@126.com, *tianjiaoshi@126.com

Received: Sep. 8th, 2017; accepted: Sep. 22nd, 2017; published: Sep. 27th, 2017

Abstract

To study the changes and correlations of various physiological indexes of different sweet pepper cultivars under low temperature and low light conditions, and explore the identification indexes of low temperature and low light resistance of sweet (pepper) pepper. In order to study of sweet (hot) pepper seedlings leaf change of seven physiological indexes and its correlation with chilling injury index. Six sweet (hot) peppers varieties (with Qiemen and Xiangyan one as control) were chosen to investigate on low temperature and weak light. On fourteen and twenty-one days, relations between SOD and CAT activity and chilling injury index was a significant negative correlation; On twenty-one days, Malondialdehyde content and permeability were significant positive correlation with plant chilling injury index; On fourteen days, between proline content and soluble protein content were significant negative correlation with plant chilling injury index. There indicators can be used as a sweet (hot) pepper positive indicator of low temperature and poor light stress.

Keywords

Sweet (Hot) Pepper, Low Temperature and Poor Light, Electro-Physiological Index, Correlation

低温弱光对甜(辣)椒幼苗几种生理指标变化及相关性研究

孟雅宁, 严立斌, 范妍芹*

*通讯作者。

河北省农林科学院经济作物研究所, 河北 石家庄
Email: yaningmeng@126.com, tianjiaoshi@126.com

收稿日期: 2017年9月8日; 录用日期: 2017年9月22日; 发布日期: 2017年9月27日

摘要

研究低温弱光条件下不同甜辣椒品种各个生理指标的变化及相关性分析, 探索甜(辣)椒耐低温弱光性的鉴定指标。以6个甜(辣)椒品种为参试材料, 以茄门(不耐低温弱光对照, CK₁)和湘研1号(耐低温弱光对照, CK₂)为对照材料, 在低温弱光条件下, 研究了幼苗叶片7个生理指标的变化及其与植株冷害指数的相关性分析。处理14 d, 21 d的叶片SOD、CAT活性与植株冷害指数均呈极显著负相关, 处理21 d的叶片丙二醛含量和渗透率与植株冷害指数均呈极显著正相关, 处理14 d的叶片可溶性蛋白、脯氨酸含量与植株冷害指数均呈极显著负相关, 这6个指标可作为甜(辣)椒幼苗耐低温弱光性的鉴定指标。

关键词

甜(辣)椒, 低温弱光, 生理指标, 相关性

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

近年来, 我国的设施园艺得到了非常迅猛的发展, 特别是我国北方地区日光温室面积迅速增加, 主要用于冬春反季节蔬菜生产。现阶段, 我国设施蔬菜栽培所采用的技术体系属于低温节能型[1] [2]。设施内的低温弱光往往成为制约设施栽培中喜温型蔬菜生产发挥的主要因素。甜椒(*Capsicum annuum* L.) 为喜温性蔬菜, 对温度、光照反应敏感, 是我国栽培面积最大的蔬菜作物之一, 但我国北方保护地栽培期间, 正值低温、弱光环境下, 使甜椒正常生长发育受到抑制, 给生产造成严重损失。因此, 研究甜(辣)椒在低温弱光下的生理特性变化对于正确地进行冬春反季节蔬菜生产具有重要的指导意义。毛爱军[3]、任旭琴[4]等对低温条件下甜椒生长发育的变化情况及甜椒耐低温筛选方法进行了研究。睦晓蕾[5]、别之龙[6]、方荣[7]等研究了弱光条件下对辣椒生理指标的影响及多元统计分析。前人多以低温或弱光单一条件研究生长发育及生理特性的变化较多[3] [4] [5] [6] [7], 而北方设施蔬菜多受低温、弱光两个环境因素的制约, 为此, 笔者研究了低温弱光条件下不同品种各个生理指标的变化及相关性分析。通过探索甜(辣)椒耐低温弱光性的鉴定指标, 旨在筛选和应用甜(辣)椒耐低温弱光种质资源提供理论依据。

2. 材料与方法

2.1. 试验材料

参试甜(辣)椒材料共 6 个, 分别为 AB91-W22-48123、AB91-W222-49176、BYT-4-1-3-6-8、AB91-DL-6428、HPJ-2-2-1-2-1、AB91-XB, 依次用 P1-P6 表示; 对照材料 2 个, 分别为茄门(不耐低温弱光对照, CK1)和湘研 1 号(耐低温弱光对照, CK2)。上述材料均为河北省农林科学院经济作物研究所茄果室选育的不育系、自交系和杂交种。

2.2. 试验方法

2.2.1. 试验设计

将试材种子经 55℃~60℃温水浸种、10%硫酸三钠消毒后统一催芽，播于 72 孔的育苗盘内，育苗基质为常规花卉营养土(由草炭和蛭石混合制成)。育苗环境为保护地自然环境，依照常规生产方法管理，保证幼苗长势良好。当甜(辣)椒幼苗长至 4 叶 1 心时移入人工气候箱温度误差 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ，培养条件为光强 4000~5000 lx、光照时间 8 h/d、温度 15℃ (昼)/5℃(夜) [3]，进行不同时长低温弱光处理。分别于处理后 0、7、14 和 21 d，选取功能叶(上数第 3~4 叶)进行指标测定，均重复 3 次。完全随机处理，3 次重复。

2.2.2. 测定项目与方法

1) 植株冷害指数的测定

参照徐伟慧[8]的冷害分级标准，将甜(辣)椒幼苗在低温弱光逆境下的伤害程度划分为 5 级。0 级：无明显症状；1 级：第一二叶叶缘失水，其他无明显冷害症状；2 级：第一二叶叶缘失水严重，第 3 叶叶缘略失水，心叶无明显冷害症状；3 级：第一二叶叶缘出现脱水斑，第 3 叶叶缘严重失水，心叶略失水；4 级：第一二叶脱水斑连接成片，叶片萎蔫，第 3 叶出现脱水斑，心叶严重失水；5 级：全部叶片萎蔫，幼苗在常温下不能恢复。分别在处理后 14 和 21 d 时，统计试材的伤害程度级别，计算冷害指数 $[\Sigma(\text{各级株数} \times \text{级数})/(\text{总株数} \times \text{最高级数})]$ 。

2) 测定方法

SOD 活性测定采用 NBT(氮蓝四唑)光化还原法[9]；POD 活性测定采用愈创木酚氧化法[10]；CAT 活性测定采用紫外分光光度法测定[9]；丙二醛(MDA)含量的测定用 TBA 法[9]；质膜透性的测定用电导法[10]，以相对电解质渗出率表示；可溶性蛋白的测定用考马斯亮蓝 G-250 法[10]；脯氨酸的测定用酸性茚三酮比色法[11]。

3. 结果与分析

3.1. 低温弱光下不同甜(辣)椒品种幼苗植株的冷害指数

试验品种幼苗低温弱光处理 14 和 21 d 的植株冷害指数分别为 0.025~0.328 和 0.027~0.497 (表 1)。其中，P₁、P₂、P₃、P₄、P₆ 的植株冷害指数与 CK₂ (耐低温弱光对照)相近，表明其耐低温弱光性较强。

3.2. 低温弱光下甜(辣)椒叶片 SOD、POD、CAT 活性的变化及其与植株冷害指数的关系

随着低温弱光处理时间的延长，试验品种的叶片 SOD、CAT 活性均呈先增加后降低趋势，除 P₆ 的叶片 SOD、CAT 活性为处理 14 d 达到高峰外，其他品种的叶片 SOD、POD 活性均为处理 7 d 达到高峰，其中 P₂、P₃ 和 P₆ 的叶片 SOD、CAT 活性与 CK₂ 相近，处理 21 d 后仍保持着较高的酶活；不同品种的叶片 POD 活性变化规律不同，呈单峰或双峰变化，无明显规律可循(表 2)。

对低温弱光下参试甜(辣)椒品种叶片 SOD、POD、CAT 活性与其植株冷害指数的相关性进行分析，结果(表 3)显示，处理 14 和 21 d 的叶片 SOD、POD 活性与处理 14 和 21 d 的幼苗植株冷害指数均呈极

Table 1. Under low temperature and poor light chilling injury index of different sweet pepper cultivars at seedling stage
表 1. 低温弱光下不同甜(辣)椒品种幼苗植株的冷害指数

处理天数	P1	P2	P3	P4	P5	P6	茄门	湘研 1 号
14 d	0.025	0.053	0.023	0.025	0.05	0.039	0.232	0.056
21 d	0.054	0.055	0.027	0.05	0.076	0.04	0.303	0.066

Table 2. The SOD, POD, CAT activities of sweet (hot) pepper leaves under low temperature and poor light stress
表 2. 低温弱光下不同甜(辣)椒品种的叶片 SOD、POD、CAT 活性

	处理天数	冀研 16	冀研 16 母	冀研 16 父	冀研 20 母	冀研 21 父	冀研 28	茄门	湘研 1 号
SOD	0d	215.42	130.83	212.92	173.33	179.83	159.58	164.58	167.08
	7d	239.62	212.92	247.59	234.61	233.7	203.45	176.61	252.85
	14d	228.7	210.1	232.1	228.35	220.12	226.4	190.7	210.01
	21d	182.58	179.91	226.8	192.36	178.6	214.15	139.64	170.02
POD	0d	18.88	6.72	9.72	14.69	9.21	12.48	7.35	11.02
	7d	22.26	18.9	15.55	42.08	34.18	20.01	20.01	29.65
	14d	44.79	29.99	25.23	41.73	26.93	31.49	35.59	18.69
	21d	20.43	18.9	21.06	22.34	30.07	28.36	19.16	17.02
CAT	0d	0.507	0.261	0.42	0.474	0.289	0.374	0.217	0.387
	7d	0.514	0.356	0.534	0.534	0.534	0.412	0.297	0.72
	14d	0.43	0.301	0.464	0.426	0.329	0.374	0.207	0.3
	21d	0.284	0.279	0.457	0.318	0.275	0.376	0.123	0.245

Table 3. The correlation coefficient of sweet(hot) pepper leaves between SOD, POD, CAT activities and chilling injury index under low temperature and poor light stress

表 3. 低温弱光下甜(辣)椒叶片 SOD、POD、CAT 活性与冷害指数的相关系数

	不同处理时间(d) 的叶片酶活	相关系数	
		14d	21d
SOD	14 d	-0.892**	-0.850**
	21 d	-0.850**	-0.819**
POD	14 d	-0.51	-0.259
	21 d	-0.167	-0.291
CAT	14 d	-0.817**	-0.801**
	21	-0.808**	-0.798**

显著负相关，而 POD 活性与冷害指数无明显的相关性。由此认为，处理 14 和 21 d 的叶片 SOD、CAT 活性可以作为甜(辣)椒幼苗耐低温弱光性的鉴定指标。

3.3. 低温弱光下甜(辣)椒叶片丙二醛含量及渗透率的变化及其与植株冷害指数的关系

随着低温弱光处理时间的延长，甜(辣)椒叶片丙二醛、渗透率呈先升高后降低的趋势，试验品种的叶片丙二醛含量、渗透率均处理 7 d 均达到峰值；P5 出现两个高峰，其它品种均呈单峰型变化趋势(表 4)。

对低温弱光下参试甜(辣)椒品种叶片丙二醛、渗透率与其植株冷害指数的相关性进行分析，结果(表 5)显示，试验甜(辣)椒品种叶片丙二醛含量、渗透率与处理 21 d 的幼苗植株冷害指数呈显著正相关。因此，处理 21 d 的叶片丙二醛含量和渗透率可以作为甜(辣)椒幼苗耐低温弱光性的鉴定指标。

3.4. 低温弱光下甜(辣)椒叶片可溶性蛋白、脯氨酸含量的变化及其与植株冷害指数的关系

低温弱光处理总体上使甜(辣)椒叶片可溶性蛋白、脯氨酸含量增大，8 个供试材料均呈单峰型变化趋势。

Table 4. The MDA and membrane permeability changes of sweet (hot) pepper leaves under low temperature and poor light stress membrane permeability**表 4.** 低温弱光下不同甜(辣)椒品种的叶片丙二醛含量及渗透率的变化

	处理天数	P1	P2	P3	P4	P5	P6	CK1	CK2
MDA	0 d	7.84	6.59	6.81	8.97	8.04	3.01	1.40	5.92
	7 d	9.16	15.82	12.13	15.22	17.87	8.76	12.75	8.74
	14 d	7.81	7.73	6.89	6.86	10.12	7.31	9.49	10.13
	21 d	6.09	6.19	5.65	5.88	6.39	5.78	7.50	6.59
渗透率	0 d	0.30	0.36	0.29	0.47	0.34	0.32	0.38	0.38
	7 d	0.41	0.54	0.42	0.31	0.49	0.39	0.24	0.41
	14 d	0.36	0.22	0.31	0.30	0.37	0.37	0.50	0.36
	21 d	0.31	0.32	0.30	0.36	0.31	0.32	0.35	0.31

Table 5. The correlation coefficient of sweet (hot) pepper leaves between MDA, membrane permeability and chilling injury index under low temperature and poor light stress**表 5.** 低温弱光下甜(辣)椒叶片丙二醛含量、渗透率与冷害指数的相关系数

	不同处理时间(d) 的叶片酶活	相关系数	
		14 d	21 d
MDA	14 d	0.475	0.913**
	21 d	0.431	0.905**
渗透率	14 d	0.673	0.799**
	21 d	0.663	0.803**

除 P6 脯氨酸含量 14 d 后达到峰值, 其它所有品种处理 7d 后均达到峰值且处理 14 d 后均有所下降。4 个品种(P2、P3、P5)叶片可溶性蛋白含量处理 21 d 后均高于处理前水平, 与耐低温弱光对照品种 CK2 相近(表 6)。

对低温弱光下参试甜(辣)椒品种叶片可溶性蛋白、脯氨酸含量与其植株冷害指数的相关性进行分析, 结果(表 7)显示, 试验甜(辣)椒品种叶片可溶性蛋白、脯氨酸含量与处理 14 d 的幼苗植株冷害指数呈显著负相关。因此, 处理 14 d 的叶片可溶性蛋白、脯氨酸含量可以作为甜(辣)椒幼苗耐低温弱光性的鉴定指标。

4. 结论与讨论

当植物受到逆境胁迫时, 抗氧化酶的平衡系统就会被打破, 引起生理紊乱, 严重时甚至导致植物死亡[12] [13] [14]。POD、CAT 和 SOD 是膜保护系统重要的 3 种酶, 其中, SOD 是生物体内最重要的清除活性氧的酶之一, 它能有效地清除自由基, 增加膜的稳定性[15] [16], 而 POD 和 CAT 可以清除体内的 H₂O₂, 维持体内的活性氧代谢平衡。逆境胁迫使甜(辣)椒各品种的幼苗生长受到了一定影响, 叶片 CAT 和 SOD 活性均随低温弱光处理时间的延长呈先上升后下降趋势, 而叶片 POD 活性变化较为复杂, 无明显规律可循。处理 14 和 21 d 的叶片 SOD、CAT 活性与处理 14 和 21 d 的植株冷害指数均呈极显著负相关, SOD、CAT 活性越高冷害指数就越低, 而冷害指数最能直观的反应植物耐低温弱光能力, 故选用处理 14 d 的叶片 SOD 和 CAT 活性作为甜(辣)椒幼苗耐低温弱光性的鉴定指标。

Table 6. The pro and soluble protein content of sweet(hot) pepper leaves under low temperature and poor light stress membrane permeability**表 6.** 低温弱光下不同甜(辣)椒品种的叶片可溶性蛋白、脯氨酸含量的变化

	处理天数	P1	P2	P3	P4	P5	P6	茄门	湘研 1 号
可溶性蛋白	0d	2.3	1.76	1.53	3.09	2.58	2.68	3.15	2.19
	7d	4.86	4.57	4.96	6.11	3.11	6.11	6.4	6.65
	14d	3.22	2.64	2.84	2.32	2.97	3.85	2.16	3.01
	21d	2.12	1.94	1.97	1.87	2.69	2.24	1.78	2.39
脯氨酸	0d	53.23	37.27	67.27	67.86	59.55	78.55	99.3	109.33
	7d	89.98	91.5	91.5	108.17	68.19	118.66	118.43	140.16
	14d	67.81	88.07	88.07	96.07	112.81	174.21	172.39	133.21
	21d	42.45	58.77	68.77	48.32	92.87	147.45	56.23	129.33

Table 7. The correlation coefficient of sweet (hot) pepper leaves between Pro, soluble protein content and chilling injury index under low temperature and poor light stress**表 7.** 低温弱光下甜(辣)椒叶片可溶性蛋白、脯氨酸含量与冷害指数的相关系数

	不同处理时间(d) 的叶片酶活	相关系数	
		14 d	21 d
MDA	14 d	-0.874**	-0.545
	21 d	-0.827**	-0.537
渗透率	14 d	-0.858**	-0.393
	21 d	-0.800**	-0.491

当植株体内活性氧的产生与清除平衡状态遭到了破坏, 活性氧大量积累, 使得膜脂过氧化作用加剧, 会引起膜脂过氧化物产物(MDA)增加, 造成膜系统的损伤[17] [18]。逆境胁迫使甜(辣)椒各品种的幼苗生长受到了一定影响, 处理 21 d 的甜辣椒叶片 MDA 和可溶性蛋白含量呈规律性变化, 与冷害指数呈极显著正相关, 故可以作为筛选耐低温弱光品种的鉴定指标。

脯氨酸、可溶性蛋白是植物体内的重要渗透调节物质。在逆境条件下, 脯氨酸、可溶性蛋白大量积累, 提高细胞液的浓度, 维持细胞的膨压, 降低冰点, 防止原生质过度脱水[19]。前人研究结果表明[20] [21] [22] [23] [24], 低温弱光处理使甜(辣)椒产生应激反应, 脯氨酸、可溶性蛋白含量升高。本研究结果也表明, 低温弱光处理后, 甜(辣)椒叶片的 Pro 含量和可溶性蛋白含量处理前期升高, 后期降低。低温弱光处理中, 处理 14 d 叶片的 Pro 含量、可溶性蛋白含量与品种的冷害指数之间表现出显著负相关性。故选用处理 14 d 叶片 Pro 含量、可溶性蛋白含量作为甜(辣)椒幼苗耐低温弱光性的鉴定指标。

本研究通过逆境胁迫下幼苗叶片 8 个生理特性指标的变化, 对低温弱光胁迫下参试甜(辣)椒品种的耐低温弱光性进行了评价, 处理 14 d 和 21 d 叶片的 SOD、CAT 活性和可溶性蛋白含量、处理 21 d 的甜辣椒叶片 MDA 和可溶性蛋白含量、处理 14 d 叶片 Pro 含量、可溶性蛋白含量均可作为甜(辣)椒幼苗耐低温弱光性的鉴定指标。

基金项目

国家重点研发计划“辣椒杂种优势利用技术与强优势杂交种创制”(2016YFD0101704); 河北省现代

农业产业技术体系蔬菜创新团队“温室用蔬菜新品种选育与示范”项目(HBCT2013050202); 河北省科技支撑计划项目“果菜类蔬菜种质资源创新与育种技术研究”(16226308D-9)。

参考文献 (References)

- [1] 孙日飞. 我国蔬菜产业发展现状[C]//中国园艺学会. 第九届第二次全国理事扩大会议会刊. 桂林, 2013.
- [2] 刘黎军, 张广臣. 低温弱光对茄子生长及生理特性的影响[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(25): 12427-12429.
- [3] 毛爱军, 耿三省. 低温对甜椒生长发育的影响及甜椒耐低温筛选方法的研究[J]. 中国辣椒, 2010(1): 17-20.
- [4] 任旭琴, 曹碚生, 缪旻珉, 杨晓兰. 辣椒不同生育期耐低温性鉴定及相关分析[J]. 安徽农业大学学报, 2010, 37(1): 141-144.
- [5] 睦晓蕾, 毛胜利, 王立浩, 张宝玺, 张振贤. 弱光条件下辣椒幼苗叶片的气体交换和叶绿素荧光特性[J]. 园艺学报, 2007, 34(3): 615-622.
- [6] 别之龙, 刘佩琪, 万兆良, 何首林, 李雪峰. 弱光对辣椒落花和光合作用的影响[J]. 核农学报, 1998, 12(5): 314-316.
- [7] 方荣, 周坤华, 陈学军, 缪南生. 辣椒耐弱光性的多元统计分析[J]. 江西农业大学学报, 2013, 35(1): 0042-0048.
- [8] 李爱民, 张永泰, 熊飞, 余徐润, 陈刚, 王忠, 张瑛. 低温弱光对西瓜幼苗生理特性的影响[J]. 扬州大学学报: 农业与生命科学版, 2012, 2(33): 78-82.
- [9] 徐伟慧. 辣椒耐低温性鉴定方法的研究[D]: [硕士学位论文]. 合肥: 甘肃农业大学, 2006.
- [10] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [11] 西北农业大学植物生理生化教研室. 植物生理学实验指导[M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 1987: 149-151.
- [12] 邓化冰, 王天顺, 肖应辉, 等. 低温对开花期水稻颖花保护酶活性和过氧化物积累的影响[J]. 华北农学报, 2010, 25: 62-67.
- [13] 柴文臣, 马蓉丽, 邢国明, 等. 辣椒耐低温研究进展[J]. 山西农业科学, 2009, 37(1): 85-87.
- [14] 王玉玲, 康洁. 低温胁迫对冬小麦苗期和拔节期生理生化特性的影响[J]. 河南农业科学, 2004(5): 3-6.
- [15] 张圣平, 顾兴芳, 王焯, 等. 低温胁迫对以野生黄瓜(棘瓜)为砧木的黄瓜嫁接苗生理生化指标的影响[J]. 西北植物学报, 2005, 25(7): 1428-1432.
- [16] 王文, 陆振德, 罗庆熙, 等. 外源NO对苯丙烯酸胁迫下黄瓜幼苗生长及活性氧代谢的影响[J]. 中国农业科学, 2010, 43(17): 3677-3683.
- [17] Reddy, A.R., Chaitanya, K.V. and Vivekanandan, M. (2004) Drought Induced Responses of Photosynthesis and Antioxidant Metabolism in Higher Plants. *Journal of Plant Physiology*, **161**, 1189-1202. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2004.01.013>
- [18] 葛体达, 隋方功, 白莉萍, 等. 水分胁迫下夏玉米根叶保护酶活性变化及其对膜脂过氧化作用的影响[J]. 中国农业科学, 2005, 38(5): 922-928.
- [19] 周蕴薇, 聂绍荃. 翠南报春抗寒生理生态学研究[D]: [博士学位论文]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2001.
- [20] Zhang, Z.X., Zhang, R., Sui, Y.H., Cui, G.R. and Zhang, C.Y. (2007) The Effect of Temperature Stress on Partial Physiological Characteristics in Capsicum. *Journal of Anhui Science and Technology University*, **21**, 1-6.
- [21] Ren, X.Q., Zhang, L.Q. and Sun, M. (2006) Study on Physiology Response of Pepper Leaf to Low Temperature. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, **34**, 6439-6440.
- [22] Sui, Y.H., Zhang, Z.X., Xing, S.Z., Ning, S.K. and Ling, T.Z. (2004) Using Method of Delphi to Judge the Resistance of Chili to Temperature Stress. *Journal of Anhui Technical Teachers College*, **18**, 24-27.
- [23] Bian, J. and Hu, Y.X. (1994) Preliminary Study on Screening for Pepper Tolerant to Low Temperature and Low Light Intensity. *Liaoning Agricultural Science*, **4**, 37-40.
- [24] Liu, H.Y., Wang, Z.L. and Wang, Y.H. (2002) Studies on the Chilling Tolerance of Different Pepper Varieties during Germination of Seeds and Seedling. *Journal of Shihezi University*, **6**, 23-26.

期刊投稿者将享受如下服务：

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：br@hanspub.org