

东北黑土区植物篱土壤入渗性能研究

刘绪军, 任宪平, 杨亚娟, 王亚娟, 徐金忠

(黑龙江省水土保持科学研究院, 黑龙江 哈尔滨 150070)

摘要: [目的] 对东北黑土区植物篱种植模式的土壤渗透性进行研究, 为黑土区坡耕地水土流失治理提供科学依据。[方法] 通过小区试验开展研究。[结果] 植物篱模式能够减小土壤容重, 提高土壤孔隙度, 显著增加土壤的入渗能力, 进而减少水土流失; 篱带部位的入渗能力大大高于篱间部位, 不同品种植物篱渗透性能排序为: 黑豆果 > 短梗刺五加 > 桑树, 植物篱土壤入渗受地面坡度影响, 小坡度的土壤入渗率高于大坡度。[结论] 植物篱作为一种水土保持新措施, 具有改善土壤结构, 增加土壤入渗, 减少地表径流, 防治水土流失的作用, 应在黑土区开展广泛的研究与推广。

关键词: 土壤入渗; 植物篱; 黑土区

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2017)02-0045-05

中图分类号: S152.7

文献参数: 刘绪军, 任宪平, 杨亚娟, 等. 东北黑土区植物篱土壤入渗性能研究[J]. 水土保持通报, 2017, 37(2):45-49. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2017.02.007; Liu Xujun, Ren Xianping, Yang Yajuan, et al. Soil Infiltration Rates Under Different Hedgerows in Chernozem Sloping Farmland in Northeast China[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2017, 37(2):45-49. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2017.02.007

Soil Infiltration Rates Under Different Hedgerows in Chernozem Sloping Farmland in Northeast China

LIU Xujun, REN Xianping, YANG Yajuan, WANG Yajuan, XU Jinzhong

(Heilongjiang Academy of Soil and Water Conservation, Harbin, Heilongjiang 150070, China)

Abstract: [Objective] The soil infiltration rates under hedgerows in chernozem sloping farmland were studied to provide scientific basis for soil erosion control of sloping farmland in the chernozem area of Northeast China. [Methods] Plots experiment were conducted. [Results] Soil loss was decreased resulting from the decrease of soil bulk density and the increase of soil porosity and infiltration. As compared to the one of inter-hedgerow, the soil infiltration rates in the hedgerow increased markedly. Infiltration rate varied with the change of vegetation, had a rank as followed: blackcurrant > short carpopodium acanthopanax > mulberry. Besides that, it was also affected by slope steepness, the lower of slop steepness, the higher of soil infiltration rate. [Conclusion] As a measure of soil and water conservation, hedgerow could improve soil structure, increase soil infiltration rate, subsequently decrease surface runoff and soil loss. It should be applied in the chernozem area of Northeast China.

Keywords: soil infiltration; hedgerow; chernozem area

径流的冲刷力是水蚀区的主要侵蚀动力, 坡面径流是水土流失的主导因子^[1], 因此, 防治水土流失的关键是做好坡面径流的调控。而土壤入渗规律是探讨地表径流产生的前提和基础^[2], 是研究分析水土流失过程的重要指标。植物篱作为一种有效的水土保持生物措施, 在水土保持研究和实践中备受关注, 近 10 a 来关于植物篱的研究较多, 国内外在植物篱树种

选择, 防蚀效果、生态效益评价, 土壤养分变化等方面均进行了研究^[3]。但是, 中国目前仅在四川、云南、湖北、贵州等少数省份进行了植物篱的研究和应用, 其他大部分地区还没有开展研究与应用推广。为此, 本文针对东北黑土区植物篱种植模式的土壤渗透性进行研究, 以期为黑土区坡耕地水土流失治理提供科学依据。

收稿日期: 2016-07-19

修回日期: 2016-07-26

资助项目: 黑龙江省财政资助项目“东北黑土区坡耕地植物篱防治水土流失技术研究”(3200632011-04)

第一作者: 刘绪军(1971—), 男(汉族), 黑龙江省克山县人, 学士, 高级工程师, 主要从事水土保持与冻融侵蚀方面的研究。E-mail: kslxj5100@163.com。

1 材料与方 法

1.1 试验地概况

试验地位于黑龙江省克山县古北乡境内,地理坐标为北纬 $48^{\circ}03'20''$,东经 $125^{\circ}49'20''$ 。地貌类型为波状起伏台地,主要土壤为黑土,黑土层厚度 30 cm 左右,属于典型黑土区。该地属温带大陆性季风气候,年均降水量 510 mm,年均气温 1.1°C ,无霜期 124 d,年均日照时数 2 677 h,年均风速 3.1 m/s。试验地块为植物篱模式区,坡面中上部平均坡度为 4.71° ,坡面下部平均坡度为 5.62° ,坡向西南,植物篱品种分别为黑豆果、短梗刺五加和桑树,栽植时间为 2012 年 5 月。植物篱间距设置依据黑龙江省水土流失方程式研究成果^[4],以带间土壤侵蚀量作为控制指标进行反向推算,坡面中上部篱带间距设置为 30.6 m,坡面下部篱带间距设置为 9 m。株距以近地枝条密度计算作为依据,黑豆果、短梗刺五加株距为 15 cm,桑树株行距为 5 cm。行距设置为 25 cm,植株修剪高度 80 cm,篱间为横坡垄作大豆,对照为顺坡垄作大豆。

1.2 研究方法

1.2.1 测定内容 试验样点分别设在篱带部位和篱带间的耕地部位,每个样点 2 次重复。为避免降水对渗透的影响,试验选择在无雨的同一段进行,4 d 内完成试验。测定内容为土壤渗透性、土壤容重、土壤孔隙度,测定时间为 2015 年 9 月。

1.2.2 测定项目和方法 (1) 土壤容重采用环刀法测定。(2) 土壤孔隙度测定。总孔隙度(P_t)采用土壤容重(R),通过经验公式: $P_t = 93.947 - 32.995R$ 进行计算^[5];毛管孔隙度(P_c)采用环刀采样吸水法测定,通过公式 $P_c = W/V \times 100\%$ 计算,其中 W 为环刀内土壤所保持的水分体积、 V 为环刀容积;非毛管孔隙度(P_n)通过公式 $P_n = P_t - P_c$ 计算得出。(3) 土壤渗透性测定。渗透试验测定采用双环现场注水的方法。双环规格为:内环直径 35.68 cm,外环直径 50.46 cm,环高 25 cm。在选择样点上,将覆盖在地表上的枯落物清除并整平地面,把双环放置在同一圆心的位置上,垂直均匀打入土中 15 cm;在内环插入直尺和温度计,以便观察环内水位和水温变化。准备就绪后,向内外环内迅速灌水,使水层厚度保持在 5 cm,同时开始计时,试验过程中要不断向内外环内加水,保持环内水位在 5 cm,每隔一定时间记录 1 次内环的加水量,并记录相应水温变化。记录内环加水量的间隔时间根据渗透速度快慢确定,随着渗透速度逐渐减慢,记录加水量时间可以逐步延长,可以每隔 5~10 min 记录 1 次内环的加水量。在试验的最后

阶段,若相同时间间隔内,出现内环加水量连续 3 次彼此差值很小时,则可以结束试验。

$$\text{各时段渗透系数公式}^{[6]} \text{为: } K_{10} = \frac{K_t}{0.7 + 0.03t}$$

式中: K_t ——温度为 $t^{\circ}\text{C}$ 时的渗透系数(mm/min);
 t ——渗透测定时的温度($^{\circ}\text{C}$)。

$$\text{其中: } K_t = \frac{Q_n \times 10}{t_n \cdot A} \times \frac{L}{h}^{[6]}$$

式中: K_t ——渗透系数(mm/min); Q_n ——第 n 时段内灌入水量(ml); t_n ——第 n 时段所间隔的时间(min); A ——渗透环面积(cm^2); L ——双环插入土中的深度(cm); h ——试验时保持的水层厚度(cm)。

初渗系数为试验开始时 1 min 内的渗透系数的平均值,稳渗系数为试验结束时最后 3 个时段内渗透系数的平均值。稳渗时间为试验结束前渗透系数出现 3 次差值很小时的初始时段。

2 结果与分析

2.1 植物篱模式土壤渗透性能综合分析

土壤渗透性大小与土壤质地、结构、孔隙度等土壤特性有关^[7]。土壤渗透性能是将地表径流转化为壤中流和地下径流的能力,是土壤调节径流功能的重要指标。土壤渗透性越好,说明降水通过渗透转化为地下水的力量越强,减少地表径流效果越好,土壤调节径流的功能就越强。试验结果表明:实施植物篱模式后,土壤容重减小了 10.28%,土壤总孔隙度、毛管孔隙度和非毛管孔隙度分别提高了 8.36%,9.06% 和 4.82%(表 1),使土壤结构得到了改善,从而对土壤的渗透性能产生了积极的影响。从土壤的渗透性能看,植物篱区的土壤初渗系数、稳渗系数及稳渗时间分别为 29.37 mm/min,2.02 mm/min,148.75 min,而顺坡垄区(对照)土壤初渗系数、稳渗系数及稳渗时间分别为 1.69 mm/min,0.16 mm/min 和 100 min,分别大幅度地提高了 1 640.51%,1 138.19%,48.75%(表 1)。另外,从土壤入渗曲线中(图 1)也可以看出,植物篱区各时段的渗透速度均大大高于对照区,二者的差异在渗透前期高于后期,并且对照区的渗透速度在试验前 10 min 内急速减小后变化即趋于稳定,而植物篱区渗透速度在试验的第 80 min 后的变化方趋于平稳,并且稳渗时间增加了 48.75 min,说明了植物篱模式的土壤渗透能力得到了显著的增强。由此可见,坡耕地实施植物篱模式后,改善了土壤结构,提高了土壤孔隙度,大大增加了土壤渗透性能,减少了地表径流的发生,为减少土壤侵蚀奠定了基础。

表 1 植物篱模式土壤渗透性能分析

项目	土壤容重/ ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	土壤孔隙度/%			初渗系数/ ($\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$)	稳渗系数/ ($\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$)	稳渗时间/ min
		总孔隙度	毛管孔隙度	非毛管孔隙度			
植物篱模式区	1.15	56.14	47.18	8.96	29.37	2.02	148.75
顺坡垄(对照)	1.28	51.81	43.26	8.55	1.69	0.16	100.00
提高比例/%	-10.28	8.36	9.06	4.82	1 640.51	1 138.19	48.75

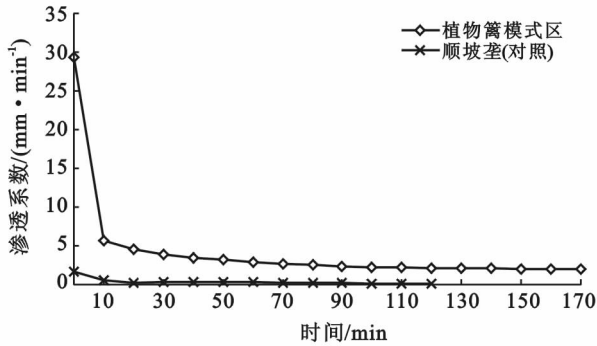


图 1 植物篱模式土壤入渗曲线

2.2 植物篱的不同部位土壤渗透性分析

从植物篱的不同部位看,土壤渗透性能均较对照

有所提高,其中篱带部位的初渗系数、稳渗系数和稳渗时间分别较对照提高了 31.97,22.43 和 1.59 倍,而篱带间分别较对照提高了 2.85,2.34,1.39 倍。而不同部位的土壤渗透性能差异较大,篱带部位的初渗系数、稳渗系数和稳渗时间分别较篱带间提高了 11.24,9.59 和 1.14 倍(表 2),并且从图 2—3 可以看出,3 个不同植物品种篱带部位的各时段的渗透系数均高于篱带间部位,说明篱带部位的土壤渗透性能得到了显著提高。这是由于在篱带部位栽植植物后,植物根系和枯枝落叶对土壤改善作用较大,增强了降雨的入渗能力,而篱带间受影响作用较小,因而渗透性能增加幅度较小。

表 2 植物篱的不同部位土壤入渗统计分析

项目	篱带部位				篱带间				顺坡垄(对照)
	黑豆果	短梗刺五加	桑树	平均	黑豆果	短梗刺五加	桑树	平均	
初渗系数/($\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$)	67.25	47.68	46.90	53.94	3.85	4.51	6.05	4.80	1.69
稳渗系数/($\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$)	4.58	3.55	2.82	3.65	0.31	0.31	0.52	0.38	0.16
稳渗时间/min	161.25	146.25	168.75	158.75	143.75	106.25	166.25	138.75	100.00
较对照提高的倍数	初渗系数	39.85	28.26	27.79	31.97	2.28	2.67	3.58	2.85
	稳渗系数	28.17	21.81	17.30	22.43	1.91	1.91	3.19	2.34
	稳渗时间	1.61	1.46	1.69	1.59	1.44	1.06	1.66	1.39
篱带较篱带间提高的倍数	初渗系数	17.49	10.57	7.75	11.24				
	稳渗系数	14.76	11.40	5.42	9.59				
	稳渗时间	1.12	1.38	1.02	1.14				

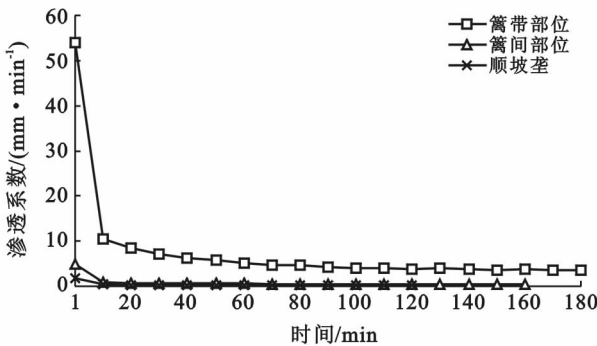


图 2 植物篱不同部位土壤入渗曲线

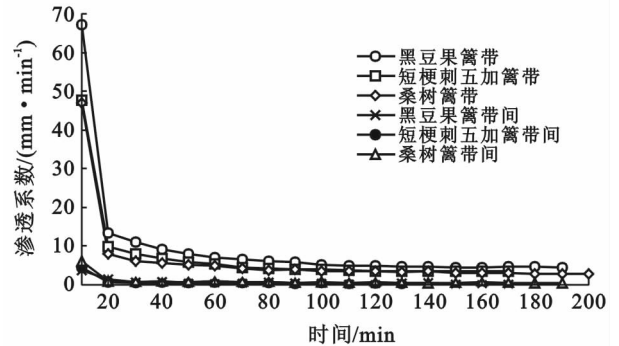


图 3 不同植物篱的不同部位土壤入渗曲线

2.3 不同地面坡度的植物篱土壤渗透性分析

有关学者认为,在渗透率较大的坡面,土壤的渗透率与坡度成反比^[8],有研究表明:坡度在 20° 范围内,坡度越大,土壤稳渗率越小^[9]。试验表明,由于地面坡度的不同,植物篱的土壤渗透性也存在着一定的

差异,小坡度植物篱的土壤渗透性能远远大于大坡度的植物篱。通过试验可以看出,不同坡度植物篱除平均稳渗时间相同外,地面坡度为 4.71° 的植物篱的土壤初渗系数和稳渗系数分别是 5.62° 的植物篱 2.36 和 1.58 倍,另外从图 4—5 看,各时段的土壤渗透系

数大小排序均为:小坡度的植物篱试区>大坡度的植物篱试区。因此,植物篱模式的土壤渗透性能也与坡

度有关,其规律与已有研究成果类似,小坡度植物篱的土壤渗透性能优于大坡度的植物篱。

表 3 不同地面坡度植物篱土壤入渗统计分析

项目	地面坡度 4.71° 的植物篱				地面坡度 5.62° 的植物篱			
	黑豆果	短梗刺五加	桑树	平均	黑豆果	短梗刺五加	桑树	平均
初渗系数/(mm·min ⁻¹)	52.61	36.95	34.17	41.24	18.49	15.25	18.77	17.50
稳渗系数/(mm·min ⁻¹)	3.04	2.44	1.92	2.47	1.86	1.42	1.41	1.56
稳渗时间/min	162.50	125.00	158.75	148.75	142.50	127.50	176.25	148.75
4.71°坡较 5.62°	初渗系数	2.85	2.42	1.82	2.36			
坡植物篱	稳渗系数	1.64	1.72	1.36	1.58			
提高倍数	稳渗时间	1.14	0.98	0.90	1.00			

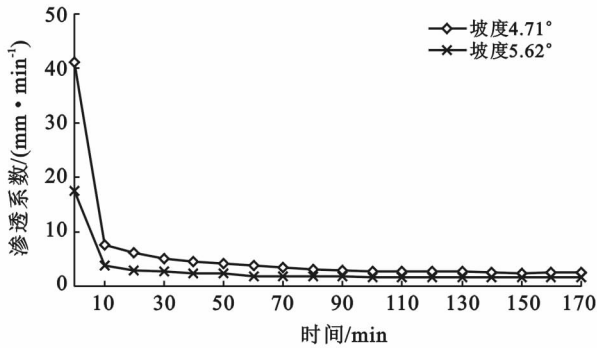


图 4 不同地面坡度的植物篱土壤入渗曲线

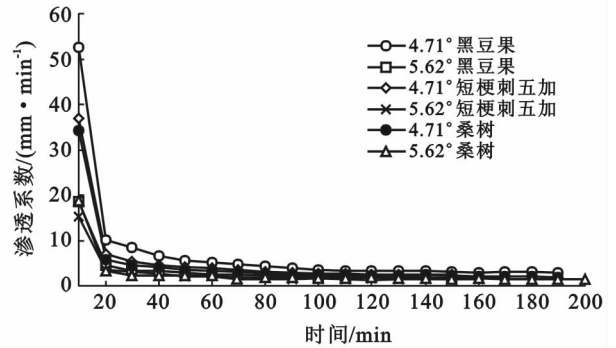


图 5 不同坡度各品种植物篱土壤入渗曲线

2.4 不同品种植物篱的土壤渗透性分析

从不同品种的植物篱看,不同品种的土壤渗透性能存在着一定的差异,黑豆果植物篱的土壤初渗系数、稳渗系数和稳渗时间较分别对照提高 21.06, 15.04和 1.53 倍,短梗刺五加植物篱的 3 项目指标较分别对照提高 15.46,11.86 和 1.26 倍,桑树植物篱的 3 项目指标较分别对照提高 15.69,10.25 和 1.68 倍(表 4)。从图 6 可以看出,黑豆果植物篱各时段的渗透系数均高于其他 2 个品种,而短梗刺五加植物篱的仅初渗系数略小于桑树,其它时段的渗透系数均大于桑树。3 种植物篱的稳渗时间存在着差异,但对于渗透量影响最大的应该是渗透系数指标,因此,综合分析不同品种植物篱的土壤渗透性能大小排序为:黑豆果>短梗刺五加>桑树。有关研究显示,有效根密度是影响土壤渗透性的重要因子^[10],植物的根系类型不同使其根系密度存在着差异,试验的黑豆果为浅

根性树种^[11],支毛根多,利于改善土壤增加渗透,桑树为深根系^[12],支毛根较少,因而渗透系数小,但其根系深致其稳渗需要的时间较长,而短梗刺五加的没有明显的主根,侧根多,单株根系量大于桑树^[13],由此导致这 3 种不同植物篱的土壤渗透能力的差异。

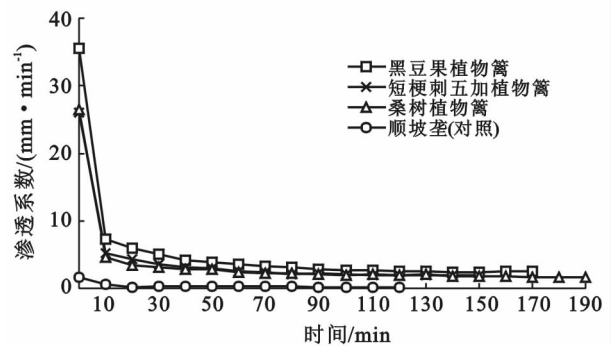


图 6 不同品种植物篱土壤入渗曲线

表 4 不同品种植物篱土壤入渗统计分析

植物篱品种	黑豆果	短梗刺五加	桑树	顺坡垄(对照)
初渗系数/(mm·min ⁻¹)	35.55	26.10	26.47	1.69
稳渗系数/(mm·min ⁻¹)	2.45	1.93	1.67	0.16
稳渗时间/min	152.50	126.25	167.50	100.00
较对照	初渗系数	21.06	15.46	15.69
提高的倍数	稳渗系数	15.04	11.86	10.25
	稳渗时间	1.53	1.26	1.68

3 结论

试验表明,东北黑土区坡耕地植物篱模式,改善了土壤结构,使土壤容重减小,土壤孔隙度增加,显著提高了土壤入渗性能,减少了地表径流和土壤侵蚀的发生。植物篱带部位的土壤渗透性能大大高于篱间部位,不同植物篱的土壤入渗能力大小排序为:黑豆果>短梗刺五加>桑树,不同地面坡度植物篱渗透系数大小排序均为:小坡度植物篱>大坡度植物篱。由于植物篱模式是一种植物措施,对土壤性能的影响需要有一个逐步显现的过程,本试验中植物栽植年限较短,研究结果只能表明模式初期的效果,对其效益的综合评定需要开展长期的定位研究。但从本地初步研究和其它地区的研究成果来看,植物篱模式是一种占地少、易操作、效果好、群众易接受的水土流失治理新措施,值得在东北黑土区大力推广应用。

[参 考 文 献]

[1] 郭廷辅,段巧甫. 径流调控理论是水土保持的精髓:四论水土保持的特殊性[J]. 中国水土保持,2001(11):1-4.

[2] 赵洋毅,王玉杰,王云琦,等. 渝北水源区水源涵养林构建模式对土壤渗透性的影响[J]. 生态学报,2010,30(15):4162-4172.

[3] 杨远祥,冷燕,马翔,等. 植物篱在坡耕地水土保持中的

应用[J]. 亚热带水土保持,2010,22(2):23-24.

[4] 张宪奎,许靖华,卢秀琴,等. 黑龙江省土壤流失方程的研究[J]. 水土保持通报,1992,12(4):1-9,18.

[5] 刘佳,范昊明,周丽丽,等. 冻融循环对黑土容重和孔隙度影响的试验研究[J]. 水土保持学报,2009,23(6):186-189.

[6] 胡顺军,田长彦,宋郁东,等. 土壤渗透系数测定与计算方法的探讨[J]. 农业工程学报,2011,27(5):68-72.

[7] 赵西宁,吴发启,王万忠,等. 黄土高原沟壑区坡耕地土壤入渗规律研究[J]. 干旱区资源与环境,2004,18(4):109-112.

[8] 夏江宝,杨吉华,李红云. 不同外界条件下土壤入渗性能的研究[J]. 水土保持研究,2004,11(2):115-117.

[9] 张士林. 大降雨强度下雨水入渗规律研究[J]. 岩土工程技术,2003,5(1):281-285.

[10] 李勇,徐晓琴. 黄土高原植物根系强化土壤渗透力的有效性[J]. 科学通报,1992,61(4):366-369.

[11] 陈建伟,杨荣慧,王延平,等. 黑穗醋栗生物学特性与适生生态环境条件研究[J]. 西北农业学报,2006,15(5):236-239.

[12] 张光灿,杨吉华,赵新明,等. 桑树根系分布及水土保持特性的研究[J]. 蚕业科学,1997,23(1):59-60.

[13] 陈英智,李立新. 刺五加在东北黑土区埂带上的生态适应性及水保效益研究[J]. 水土保持研究,2014,21(4):138-142.

(上接第44页)

[19] 刘国华,马克明,傅伯杰,等. 岷江干旱河谷主要灌类型地上生物量研究[J]. 生态学报,2003,23(9):1757-1764.

[20] 邵新庆,石永红,韩建国,等. 典型草原自然演替过程中土壤理化性质动态变化[J]. 草地学报,2008,16(6):566-571.

[21] 何念鹏,周道玮,吴泠. 极端干旱干扰下松嫩草原土壤

含水量与植物的反映[J]. 干旱区资源与环境,2001,15(3):53-56.

[22] 苏永中,赵哈林. 持续放牧和封育对科尔沁退化沙地草地碳截存的影响[J]. 环境科学,2003,24(4):23-28.

[23] 蒋德明,曹成有,李雪华,等. 科尔沁沙地植被恢复及其对土壤的改良效应[J]. 生态环境,2008,17(3):1135-1139.