

河北坝上农田防护林防风效能及类型配置研究

——以河北省康保县为例

付亚星, 王 乐, 彭 帅, 王红营, 常春平

(河北师范大学 资源与环境科学学院/河北省环境演变与生态建设省级重点实验室, 石家庄 050024)

摘 要:通过野外试验观测,对比分析了不同种类和林网结构农田防护林的防风效能,在此基础上提出了区域防护林优化配置建议。结果表明:综合防风效应和有效防护距离因素分析,对乔木农田防护林的综合防风效应进行评价:疏透型农田防护林>通风型农田防护林>紧密型农田防护林;在垂直方向上,三种疏透度的乔木农田防护林在不同高度上大体遵循随高度的增加防风效能逐渐下降的趋势。乔灌混交林、灌木防护林平均防风效能:榆树+柠条的乔灌混交林带 21.5%>灌木防护林带 20.5%,风速降低 20%的有效防护距离分别出现在林后 25H 和 12H。防护林建设方面乔灌木混交林应为首选;灌木防护林可布设在沙漠化严重的坡耕地或风口地带的农田;乔木防护林不是最佳的选择。

关键词:农田防护林;防风效能;疏透度

中图分类号:S727.24

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2014)03-0279-05

Research on Windproof Efficiency and Type Configuration of Farmland Shelterbelt in Bashang Region of Hebei Province —Taking Kangbao County as an Example

FU Ya-xing, WANG Le, PENG Shuai, WANG Hong-ying, CHANG Chun-ping

(College of Resources and Environment Sciences, Hebei Key Laboratory of Environment

Change and Ecological Construction, Hebei Normal University, Shijiazhuang 050024, China)

Abstract: Through field test observations, this paper made a comparative analysis of the windproof performance of farmland shelterbelt in different types and structure. Optimal allocation recommendations of shelterbelts are proposed on this basis. The results show that windproof effects decrease in the order sparse transparent farmland shelterbelts>ventilated farmland shelterbelts>compact shelterbelt forest; In the vertical direction, the three kind sparse transparent tree shelterbelts at different heights generally follow this trend of increase of wind with height performance gradual downward. The average wind performance of mixed shrubs and bushes shelterbelts is elm + caragana shrubs mixed with 21.5%>20.5% shrub shelter belts. The effective protection distance for wind reduction by 20% appeared at Corinthians 25H and 12H. Shelterbelt construction should be the preferred mixed shrubs; shrub shelterbelts can be laid in serious desertification of cropland or outlet strip of farmland; tree shelterbelts are not the best choice.

Key words: farmland shelterbelt; windbreak efficiency; porosity

农田防护林作为生态建设的重要措施,是农田生态系统的重要屏障,对生态安全与人类生存环境质量的提高有重要意义^[1]。农田防护林能够通过林带的动力作用,改变气流的结构,影响水分、热量的分配,发挥

热力效应、水文效应、气候效益、生物效应、土壤改良效应,从而保护农作物生长,提高农作物产量^[2-4];农田防护林具有降低风速、防止土壤风蚀的效能^[5],同时对区域生态修复和水土保持具有重大意义^[6]。河北坝

收稿日期:2013-08-15

修回日期:2013-10-08

资助项目:河北省自然科学基金项目(2008000183);河北省科技厅软科学基地重点项目(13454213D)

作者简介:付亚星(1986—),男,河北围场人,在读硕士,研究方向:灾害防治与水土保持。E-mail:fuyaxing523@163.com

通信作者:常春平(1969—),男,河北康保人,副教授,硕士生导师,博士,主要从事水土保持、环境评价方面的工作。E-mail:changchunping@126.com

上地区是我国北方土地沙漠化发展最迅速的地区之一,土地沙化不仅威胁到区域生态安全,而且对农业生产安全产生巨大影响。20 世纪 60 年代该地区被纳入“三北”防护林体系,开始营建农田防护林,同时 21 世纪初开始逐步实施“退耕还林还草”工程,生态环境有所改善。由于农田防护林的多种效益具有长期性和不可变性,区域在农田防护林建设过程中,忽视了防护林的类型及林网结构配置对于农田防护林效应的重要作用^[7-9],造成林网配置不尽合理。为发挥农田防护林多样性、稳定性的作用,必须按科学要求进行技术设计和营造,实现农田林网化,不仅包括防护需要的数量和规模,还必须要有较高的质量。开展防护林空间配置与结构优化调控技术研究,对构建稳定高效防护林体系具有十分重要的意义。为此,本文通过野外试验观测,针对河北坝上康保县农田防护林不同林种配置、林网结构对农田防护林防风效能的影响开展研究,为河北坝上地区土地沙化研究、农田防护林树种、林网结构的合理配置提供理论依据。

1 研究区概况

康保县地处河北省西北部坝上地区,为内蒙古高

原的东南边缘,其地理坐标为东经 114°12′—114°56′,北纬 41°25′—42°09′,东临内蒙古自治区太仆寺旗,东北靠正镶白旗,西与西北部与化德县毗邻,南与河北省张北县接壤,东南与沽源县相连,是京津地区沙尘的主要来源^[10]。该区域属于大陆性气候,全年多受蒙古高压所控制,年平均气温在 1.2℃左右,夏季凉爽而短促,无霜期为 92 d 左右。大风较多,每年 6 级以上风日平均 60 d 左右,冬季常有“雪暴”、“沙尘暴”出现,影响生活生产。干旱少雨。年平均降水量 306.3~409.6 mm,是河北省降水量最少的县之一。当地乔木以榆树和杨树为主,灌木主要为柠条、沙棘、枸杞等,春小麦、莜麦、土豆等为当地主要农作物。

2 研究方法

2.1 试验地点

通过实地考察并结合当地农田防护林的空间分布,本研究农田防护林实验地点共选择 5 处,A:康保县卢家营乡三台房村南;B:康保县闫油坊乡红围子村东;C:康保县李家地镇民善村东;D:康保县康保镇西 5 公里新民堡村西北;E:康保县满德堂乡六段村南,观测点的农田防护林概况见表 1。

表 1 观测点的农田防护林概况

类型	树种	地点	株距/m	行距/m	胸径/cm	林宽/m	行数	高度/m	林长/m	与风向夹角
乔木	杨树	A	2.72	2.8	63	8.4	3	10	661	75°
		B	2.59	2.2	79	8.8	4	15	500	75°
		C	1.74	3.2	64	9.6	3	10	600	80°
乔灌混交	柠条	E	0.3	12	3	24	2	1.5	200	75°
	榆树		1.2	3	15	15	5	4	200	75°
灌木	枸杞	D	紧密	5.3	2	10.6	2	2	300	85°

2.2 风速的测定

野外试验观测使用两台便携式近地层风速廓线仪,一台放在防护林的上风向,用来观测没有防护林影响的风速,另一台放在防护林的下风向,通过移动的方式测定不同高度、距离处的风速值,二者比较确定防护林防风效能。该仪器是由风向标、风杯、支架和数据采集器组成,支架上可安装 9 个风杯,同时观

测不同高度上的风速,风速的识别范围为 0.3~30 m/s。便携式近地层风速廓线仪的数据采集器,能自动记录 1 min,10 min 和 1 h 的平均数据,为防止风速的不确实性和尽量减少误差,各测点均连续监测 15 min。本研究根据农田防护林不同类型选取不同的观测点位及观测高度,见表 2。

表 2 不同类型防护林观测点位及观测高度

类型	观测高度					观测点位									
乔木	30 cm,50 cm,100 cm,200 cm					—6H	—4H	—2H	—1H	0H	1H	2H	4H	6H	10H
乔灌混交林	200 cm					—5H	—3H	0H	1H	2H	3H	5H	7H	9H	13H
灌木	200 cm					—5H	—3H	0H	1H	2H	3H	5H	7H	9H	13H

2.3 农田防护林疏透度的计算

本文采用数字图像处理法,即“数码相机”和“遥

感图像处理软件”相结合的方法测定农田防护林的疏透度(β)^[11-12]。用相机拍摄林带照片,将照片存入电

脑中,在 Windows 7 平台支持下,用信息处理软件将无关信息剔除。首先采用 Adobe Photoshop CS4 裁定林带断面,同时确定林干、林冠平均高度;乔木树干和树冠疏透度采取分开计算方式,以确保疏透度计算的精确性,最后采用加权法计算得出结果。

2.4 农田防护林防风效能的计算

- ① 相对风速:相对风速采用下式表示:
- $$\theta_{x,z}=\frac{U_{x,z}}{U_{0,z}} \tag{1}$$
- 式中: $U_{x,z}$ ——距防护林带 x 处、高 z 处的相对风速;
 $\theta_{x,z}$ ——距离防护林带 x 处、高度为 z 处的平均风速;
 $U_{0,z}$ ——同一高度旷野风的平均风速。
- ② 防风效能:指距防护林带 x 处,高度为 z 的风速比旷野风速减少的百分比:

$$Y_{x,z}=\frac{U_{0,z}-U_{x,z}}{U_{0,z}}\times 100\% \tag{2}$$

- ③ 有效防护距离^[13]:
- $$\alpha=1.1\beta^{0.468} \tag{3}$$
- $$L_{\Delta}=A(B-\alpha)^ae^{b\Delta} \tag{4}$$

式中: β ——疏透度; α ——透风系数; L_{Δ} ——有效防护距离; Δ ——风速减弱的百分数; A,B,a,b ——实验常数,可近似地看成是 Δ 的线性函数。

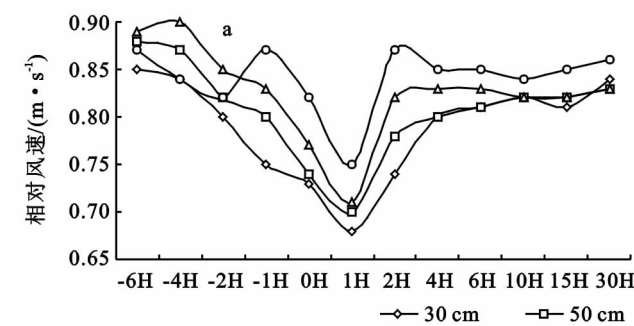


图1 疏透型农田防护林相对风速和防风效能分布

由图1分析可知,疏透型林带纵断面上从上到下分布比较均匀,风遇到林带分成两部分:一部分通过林带,在背风面形成许多小旋涡,另一部分气流穿过林带在背风面扩散,形成紊流区,以200 cm最为明显,迎风面低层看不到涡流运动。在垂直方向上,风速减弱的程度和林带透风系数有关,透风系数越小,减弱风速越强烈,因此在30 cm,50 cm,100 cm和200 cm的高度上总体表现随着高度的增加,相对风速增加,防风效能降低的趋势。水平方向上,风速在疏透型农田防护林林前6H处逐渐下降,林带背风面出现弱风区,峰谷出现在背风面1H的处,30 cm,50 cm,100 cm和200 cm高度上的防风效能分别为32.1%,30.5%,29.2%,25.0%,最低风速出现在30 cm高度处,此时防风效能达最大值。而后相对风速呈上升的

3 乔木农田防护林防风效能研究

3.1 乔木农田防护林疏透度类型确定

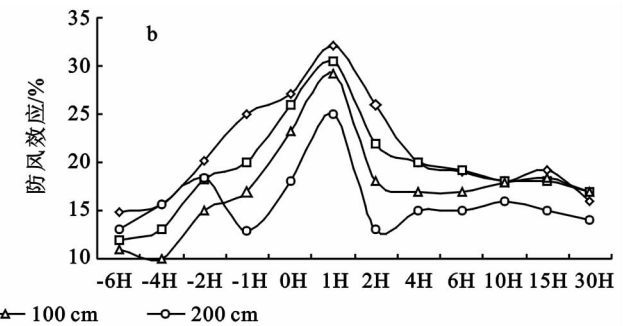
防护林带因疏透度不同可分为稀疏型、疏透型、通风型3种结构类型,具体划分标准为:稀疏型结构林带(β 为0.30~0.50),上下枝叶稀疏,有上下均匀分布的小通风空隙;疏透型结构林带(β 为0.50~0.60),林冠层稀疏,有均匀分布的小空隙,林干层空隙较大;通风型结构林带($\beta>0.60$),林冠层紧密,林干层有大的通风孔道^[14]。本研究乔木农田防护林疏透度类型计算结果见表3。

表3 乔木农田防护林疏透度计算结果

树种	观测时间	林带编号	林带疏透度系数	标准	疏透度类型
杨树	2011年4月24日	A	0.35	0.3~0.5	紧密型
	2011年4月26日	B	0.56	0.5~0.6	疏透型
	2011年4月30日	C	0.72	>0.6	通风型

3.2 疏透型农田防护林防风效能分析

根据卢家营乡三台房村南疏透型防护林的观测数据,由公式(1)计算出不同高度、水平不同距离的相对风速见图1a,由公式(2)计算出疏透型的农田防护林的防风效能见图1b。



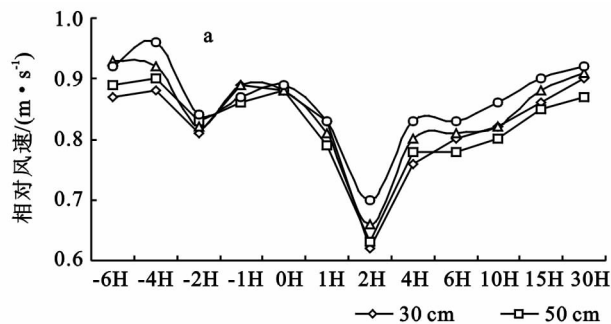
趋势,防风效能逐渐下降,从林后4H开始相对风速处于平稳趋势。

3.3 紧密型农田防护林防风效能分析

根据闫油坊乡红围子村东紧密型防护林的观测数据,由公式(1)计算出不同高度、水平不同距离的相对风速见图2a,由公式(2)计算出紧密型的农田防护林的防风效能见图2b。

由图2分析可以看出,紧密结构林带枝叶密集,风遇到林带时基本不能通过,大部分空气由林带上部绕行,在背风侧附近形成弱风区,风速削弱虽然比较强烈,但风速恢复也很快,至10H处相对风速已达88%左右,林带背风面15H至30H低层出现高风速区。在水平方向上,30 cm,50 cm,100 cm,200 cm高度上防风效应在林前、林后2H处均产生了峰值,防

风效应平均为 17.0% 和 34.6%。林前产生峰值是由于遇到紧密型农田防护林,一部分气流被阻挡回流,在林前形成漩涡,风速拟合叠加造成的;林后产生峰值是由于迎风面另一部分气流被抬升,从防护林上面越过,与通过的气流形成剧烈的紊流区,致使风速



升高。

在垂直方向上,总体上也表现为随高度的增加,风速逐渐增加、防风效能逐渐减小的趋势,但在林带不同高度处均出现了风速波动现象,这主要是由于剧烈的紊流作用造成的。

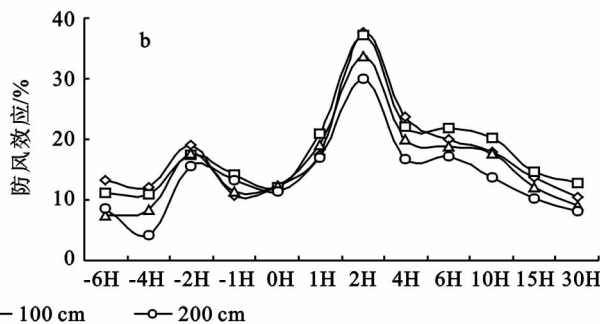


图2 紧密型农田防护林相对风速和防风效能分布

3.4 通风型农田防护林防风效能分析

根据李家地镇民善村东通风型防护林的观测数据,由公式(1)计算出不同高度、水平不同距离的相对风速见图 3a,由公式(2)计算出通风型的农田防护林的防风效能图 3b。

由图 3 分析可知,当气流遇到通风结构林带林带,空气被分为两部分:一部分从下层穿过,一部分从林带上面绕行。在水平方向上,气流经过该类型防护林时从林前 6H 处到林后 1H 处,风速平缓降低,防风效能从林前 6H 处的 7.25% 增至林后 1H 处的

11.4%,防风效能平稳增强。从林后 1H 处开始,风速迅速降低,防风效能增大,到林后 2H 处防风效能达到最大峰值,防风效能并没有和其他两类型的防护林一样迅速下降,而是在林后 2H 到林后 6H 处出现风速的低谷区,防风效能在此区间达到最大,其效能均在 21%~27.3%之间,而后风速平缓上升,逐渐恢复到旷野风速,这主要是万徒利效应造成的。在垂直方向上,背风面产生紊流效应,风速波动现象明显,以 200 cm 波动最为明显,整体上依然表现为随高度的增加,风速和相对风速增加,防风效能降低的现象。

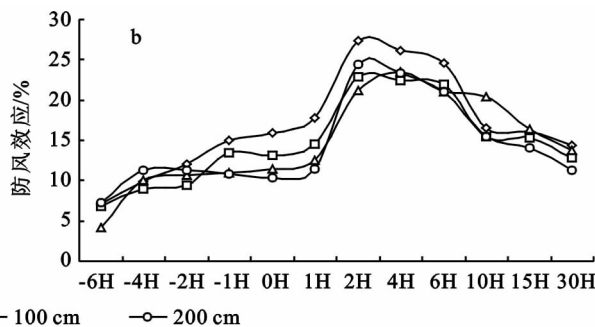
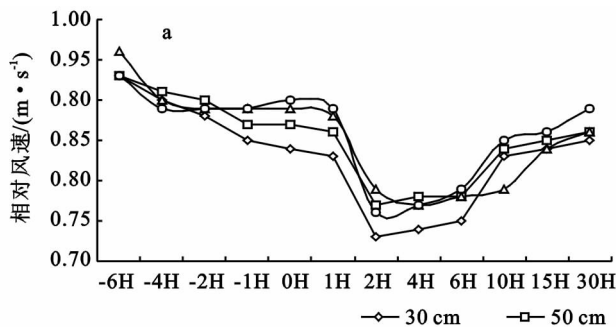


图3 通风型农田防护林相对风速和防风效能分布

4 乔灌混交林以及灌木农田防护林防风效能研究

根据满德堂乡六段村南乔灌混交林、新民堡村西北枸杞灌木林的观测数据,由公式(1)计算出水平不同距离的相对风速见图 4,由公式(2)计算出的农田防护林的防风效能见图 5。

由图 4 和图 5 分析可知,榆树与柠条混交防护林,迎风侧距离防护林越近,防风效能越小,这是由于回流作用使风速增加产生的。风在经过防护林后风

速逐渐减小,防风效能逐步增加,弱风区位于 2H—3H 处,在林后 3H 处防风效能达到最大,防风效能为 61.9%,而后防风效能下降,但下降趋势不明显,趋于平稳状态,在背风一侧防风效能在观测点 20H 处,仍可达到 17.0%。灌木防护林防风效应与榆树+柠条混交林类似,越临近防护林,其防风效能相应减少。不同之处是在 0H—3H 处为防风效应平稳趋势,最大防风效能出现在林后 5H 处,为 43.0%。林后 9H 后防风效能开始降低,且下降速度比乔灌混交防护林幅度大。

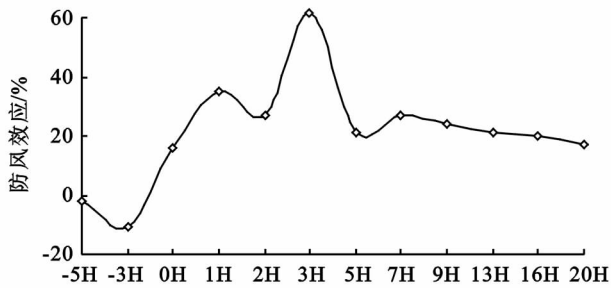


图4 榆树+柠条防风效能分布

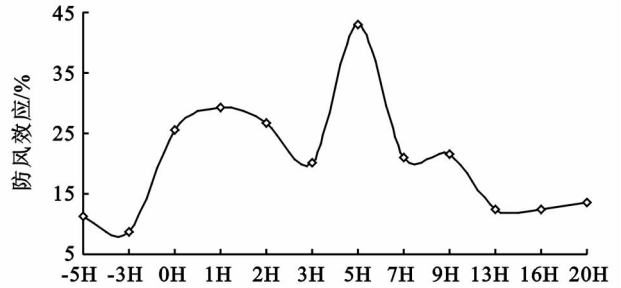


图5 枸杞防风效能分布

5 结论

(1) 乔木农田防护林根据不同类型疏透度的防风效能为:疏透型防护林防风效应平均为 18.5%;紧密型防风效应平均为 16.0%;通风型防风效应平均为 15.2%。疏透型、紧密型、通风型防护林风速降低 20% 时有效防护距离分别为 35H,9H,16H。考虑到紧密型林带绕林流场风速衰减很快,风速恢复的也很快,有效防护距离太短,不同距离的防风效应波动较大^[15]。综合防风效应和有效防护距离因素分析,对乔木农田防护林的综合防风效应进行评价:疏透型农田防护林>通风型农田防>紧密型农田防护林护林。

(2) 乔木农田防护林在垂直方向上,以垂直高度为标准评价林前 6H 到林后 30H 的总防风效能:30 cm>50 cm>100 cm>200 cm,在不同高度上大体上均遵循随高度的增加防风效能逐渐下降的趋势。与董慧龙等^[16]得出的垂直方向防风效应的规律一致。

(3) 榆树+柠条的乔灌混交林带平均防风效应为 21.5%;灌木防护林带平均防风效应为 20.5%;风速降低 20% 的有效防护距离分别为 25H 和 12H,因此从防风效应和防护距离两方面分析总防风效应乔灌混交防护林>灌木防护林。

(4) 综合分析,本研究对坝上地区防护林建设方面提出建议:乔灌木混交林防风效能及防护范围较大,适应布局在地势平缓,大面积连片布局农田上,综合比较从防风效应和适应性方面分析乔灌木混交防风林应为首选。灌木防护林效能相对于乔灌木混交林而言,防风距离较小,但灌木适应性强,固沙能力好,特别适应在沙漠化严重的坡耕地或风口地带的农田以及平缓处的盐碱地。乔灌木混交林防护范围较大,但乔木防护林因其生长缓慢,存活率低,抗风蚀力弱,且当地土层薄、地下水资源缺乏,大面积发展乔木防护林不是最佳的选择^[17]。

参考文献:

[1] 范志平,曾德慧,朱教君,等.农田防护林生态作用特征

研究[J].水土保持学报,2002,16(4):130-133.

- [2] 王岩,魏忠平,潘文利,等.辽河三角洲泥质海岸防护林小气候效益研究[J].水土保持研究,2011,18(4):65-68.
- [3] 刘骄,黄义雄,叶功富,等.福建沿海主要防护林树种的生物量、凋落物及其对林下土壤养分的影响[J].水土保持研究,2011,18(1):147-152.
- [4] 贾顺儒.农田防护林效应的分析[J].甘肃农业地球科学进展,2005(5):28.
- [5] 姜凤歧,朱教君,周新华,等.林带经营技术与理论基础[M].北京:中国林业出版社,1992.
- [6] 张楠,王继军,崔绍芳,等.黄土丘陵沟壑区退耕林生态系统服务价值评估:以陕西省安塞县为例[J].水土保持研究,2013,20(2):176-185.
- [7] 范志平,姜凤歧,林鹤鸣,等.农田防护林体系结构优化配置研究[J].防护林科技,1996(3):4-8.
- [8] 姜凤歧.现有防护林合理经营与改造技术研究[M].中国林业出版社,1996:23-29.
- [9] 范志平,关文彬,曾德慧.东北地区农田防护林高效多功能经营的指标体系及标准研究[J].应用生态学报,2001,12(5):701-705.
- [10] 李黎黎.康保县土地利用/覆被变化及安全格局分析[D].北京:首都师范大学,2009.
- [11] 万猛,潘村德,王梅,等.农田防护林林带疏透度数字化测定方法及其应用[J].干旱区地理,2005,28(1):120-123.
- [12] 关文彬,李春平,李世锋.林带疏透度数字化测度方法的改进及其应用研究[J].应用生态学报,2002,13(6):651-657.
- [13] 朱廷曜,关德新,周广胜,等.农田防护林生态工程学[M].北京:中国林业出版社,2001:90-98.
- [14] 封斌,高保山,麻保林,等.陕北榆林风沙区农田防护林结构配置与效益研究[J].西北林学院学报,2005,20(2):118-124.
- [15] 王元,金文,张鸿雁,等.不同类型防护林绕林流场的PIV测量[J].空气动力学学报,2004,22(2):135-140.
- [16] 董慧龙,杨文斌,王林和,等.单一行带式乔木固沙林内风速流场和防风效果风洞试验[J].干旱区资源与环境,2009,23(7):110-116.
- [17] 张瑞,张景波,曹良图,等.干旱区土地利用和土壤改良及植被恢复方式对沙地养分的恢复效应[J].水土保持研究,2010,17(4):153-157.