

南方红壤区不同植被措施坡面的水土流失特征

梁娟珠

(福州大学 福建省空间信息工程研究中心, 数据挖掘与信息共享教育部重点实验室, 福州 350003)

摘要: 植被是南方红壤区水土流失治理的主要措施, 为了研究不同的植被措施对坡面产流产沙的影响, 以及对坡面侵蚀的抑制效果, 在福建省长汀县选择乔灌草、灌草、草本、农作物、乔灌、封山育林、经济林等各植被措施下的标准径流小区, 通过观测各种植被措施坡面的产流产沙情况, 分析比较各小区的水土流失特征。结果表明植被能较好地调控坡面地表径流和土壤侵蚀。不同植被措施下坡面产流产沙分异规律明显, 相对裸地, 盖度高的乔灌草、灌草、草本等措施的水土流失量最小, 水土保持效果最为明显。在不同的降雨量条件下, 不同植被措施的坡面水土流失情况也表现出显著的差异。因此, 在未来南方红壤植被恢复与生态环境建设过程中, 通过各种植被治理措施的逐步实施, 对改善当地的生态环境和水土流失的防治具有重要的意义。

关键词: 南方红壤区; 植被措施; 水土流失; 径流量; 泥沙量

中图分类号: S157.2

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2015)04-0095-05

Characteristics of Soil and Water Erosion on the Slopes with Different Vegetation Patterns in Red Soil Region of Southern China

LIANG Juanzhu

(Key Laboratory of Spatial Data Mining & Information Sharing of Ministry of Education, Spatial Information Research Center of Fujian Province, Fuzhou University, Fuzhou 350003, China)

Abstract: Vegetation is the main measure to control soil and water losses in red soil region of southern China. In order to study effect of different vegetation measures on the runoff and sediment yield, and the effect of inhibition erosion on the slope, in Changting County of Fujian Province, the standard runoff plots were built on natural slopes with different vegetable patterns for observing the runoff and sediment generation under these slope vegetable patterns (arbor+shrub+herb, shrub+herb, herb, arbor+shrub, closing hillsides to facilitate afforestation, economic forest). The results showed that vegetation patterns can control runoff and soil erosion effectively on the slope surface. Water loss and soil erosion in the plots of arbor+shrub+herb, shrub+herb and herb were the slightest, and effect of soil and water conservation is the most obvious. In different rainfall conditions, water loss and soil erosion on the slopes with different vegetation patterns also showed significant difference. Therefore, a variety of vegetation control measures will be implemented gradually in the process of vegetation restoration and ecological environment construction in the red soil region of southern China, which is of great significance to improve the local ecological environment and control the soil erosion and water losses.

Keywords: red soil region of southern China; vegetation measure; soil and water losses; runoff; sediment yield

南方红壤丘陵区降雨量大, 且分布不均, 多以暴雨形式出现, 单位时间内强大的降雨构成巨大的侵蚀动力, 加上土壤的可蚀性较高的内在因子和剧烈的人类活动使得南方红壤区成为我国水土流失最广、程度最高的地区之一^[1-2]。福建省长汀县是我国南方红壤区水土流失最严重的县份之一, 水土流失面积广, 程度中, 危害大。由于长期水土流失, 导致生态环境恶

化, 山地植被稀疏, 土壤侵蚀严重, 植被难以自然恢复, 严重制约着当地生态环境的可持续发展, 已称为当前亟需解决的环境问题^[3]。降雨是坡面产流产沙的先决条件, 坡面产流产沙量的大小取决于降雨强度及降雨量, 同时, 坡面的植被覆盖情况对其也有决定性的影响^[4]。植被可以增加地面覆盖、涵养水源、降低雨滴动能, 通过物流机械作用阻挡水土流失^[5-7], 对

防治水土流失与改良土壤具有重要的作用,因此植被措施是水土流失治理的重要手段。前人做了大量的关于不同土地利用类型水土流失情况的研究^[8-12],不同的土地利用类型或者不同的植被类型对坡面的产流量及产沙量具有很大的差异。因此,为揭示不同的植被类型极其搭配组合对抑制水土流失的效果,则需要对不同措施的水土保持效益进行分析评价。

本文选取南方红壤区水土流失十分严重的福建省长汀县,通过野外不同植被措施下的径流小区观测数据,研究不同植被措施降雨对坡面产流产沙的影响,揭示不同植被措施坡面水土流失的特征,为南方红壤区水土保持与生态恢复提供理论依据。

1 研究区概况

试验小区设于福建省长汀县河田镇内,东经 $116^{\circ}38'45''$ — $116^{\circ}39'20''$,北纬 $25^{\circ}18'40''$ — $26^{\circ}02'05''$,

属亚热带季风性湿润气候,年均气温 $17.5\sim 18.8^{\circ}\text{C}$,极端最高温度达 39.8°C ,年均降雨量 $1\,628.2\text{ mm}$,降雨分布集中且强度大,其中4—6月降雨占全年的53%,该地区土壤主要为花岗岩风化发育的红壤,土层深厚且松软,抗蚀性差,是南方水土流失最严重的土壤类型。

2 研究方法

2.1 试验小区布设

为了研究不同植被治理措施的水土流失特征,河田镇露湖科教园在2006年布设了12个径流小区的水土流失监测点,各径流小区的规格为长20 m,宽5 m,西南朝向,坡度 15° ,选取草本、传统农作、封山育林、经济林、乔灌、灌草、乔灌草等典型的红壤植被治理措施,并设置2个空白小区作为对照。各小区的基本情况如表1所示。

表1 径流小区情况

小区编号	植被措施	坡度/($^{\circ}$)	土地利用类型	工程措施及种植植物
1	空白小区	15	裸地	无
2	空白小区	15	裸地	无
3	全坡草本	15	草地	全坡面种百喜草
4	整畦农作物	15	耕地	整畦种植农作物地瓜
5	经济林	15	经济林地	顺坡种植8株杨梅
6	封山育林	15	封禁3年	封禁小区,移植30%马尾松
7	小穴灌草	15	草地	种胡枝子+宽叶雀稗
8	小穴乔灌草	15	林下植草	种植枫香,木荷株+胡枝子
9	老头松改造	15	林地	上半坡补植5~6株马尾松
10	条沟草本	15	人工草地	种植香根草+宽叶雀稗
11	条沟乔灌草	15	林下植草	整地,枫香、木荷+胡枝子
12	纯马尾松	15	林地	乔木

2.2 测定方法

对每一场降雨产生的径流和泥沙进行观测,记录其集水桶中的径流深,并采用烘干法测定泥沙重量,每个月进行一次月径流量与泥沙量的统计,本研究选择了2009—2010年的月统计的径流深(mm)与泥沙量(kg)数据进行分析研究。

降雨数据采取附近的水文观测站的数据,主要为日降雨量。

2.3 数据处理

本研究采用SPSS 19分析软件进行数据分析,包括对径流观测月统计的各个小区的径流量、土壤侵蚀量进行单因子多因素方差分析;对各小区的径流量、土壤侵蚀量与月降雨量进行相关分析和回归分析;采用Excel 2010对观测的统计数据进行分析、图表输出。

3 结果与分析

3.1 不同植被措施坡面的径流损失特征

2009—2010年共有19个月的统计数据,对各种植被措施下的月径流量进行平均,得出图如图1所示的减少径流损失情况。在自然降雨条件下,不同植被措施的小区径流损失的比较结果(图1)所示,表现为空白小区>经济林>老头松改造>封山育林>马尾松>全坡草本>小穴乔灌草>小穴灌草>条沟草本>整畦农作物>条沟乔灌草。各种植被措施的径流值与空白小区径流值进行比较,得出经济林、老头松改造、封山育林、马尾松、全坡草本、小穴乔灌草、小穴灌草、条沟草本、整畦农作物、条沟乔灌草分别减少34.4%,40.08%,43.01%,47.31%,49.70%,53.09%,59.07%,70.24%,76.45%,81.26%。数据显示,不

同的植被措施都能在一定程度上减少坡面的径流损失,但是不同的植被类型和耕作方式对径流损失的影响是不同的。盖度高的灌草和农作措施比乔木措施更能抑制径流损失,这是由于灌草措施和农作措施下,植被郁闭度和盖度高,能削弱降雨,且能够改善土壤空隙状况,对降雨入渗较快,所以径流损失较少。而乔木,如老头松、马尾松等,没有灌层,且地下根系不发达,抑制径流的作用不如灌草措施。同时,不同耕作方式下的灌草措施对抑制径流损失的作用也不相同,人工整地后种植草本、乔灌草、农作物等措施与全坡种植草本来所,抑制径流的效果更好,这是因为整地措施能够增加土壤含水量,提高植物的生长量,具有减少水土流失的作用。

对所有不同植被措施下的各小区产流量采用 S-N-K 法单因素方差分析方法,进行均值多重比较,得到各措施下产流的均衡子集(表 2),发现不同的措施对径流量的影响可以分为三组, A 组:11 号小区条沟乔灌草;10 号小区条沟草本;4 号小区农作物地瓜。

表 2 不同植被措施径流深影响均值比较

小区编号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
径流深/mm	49.67bc	51.35c	25.4b	11.893a	33.13b	28.78b	20.669ab	23.69b	30.26b	15.029a	9.463a	26.61b

3.2 不同植被措施坡面的土壤侵蚀特征

对各种植被措施下的月产沙量进行平均,得出不同措施下的土壤侵蚀产沙情况。在自然降雨条件下,不同植被措施的小区产沙量的比较表现为空白小区 > 经济林 > 马尾松 > 老头松改造 > 整畦农作物 > 封山育林 > 小穴乔灌草 > 小穴灌草 > 全坡草本 > 条沟草本 > 条沟乔灌草。数据表明,植被治理措施在一定程度上能够减少坡面土壤的侵蚀产沙量。但是不同的植被类型和耕作方式坡面产沙的影响是不同的。盖度高的灌草和农作措施比乔木措施更能抑制土壤侵蚀,这是由于灌草措施和农作措施下,植被盖度高,土壤表层结构以及对降雨的渗漏和通透性较好,可以减缓径流流速的作用,所以土壤颗粒不容易被降雨剥离发生土壤侵蚀。而乔木,如老头松、马尾松、经济林等,林下无草本植物,盖度低,地下根系不发达,土壤对降雨的入渗能力差,容易形成土壤侵蚀。可见,贴

表 3 不同植被措施土壤侵蚀影响均值比较

小区编号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
产沙量/kg	124.03bc	193.98c	16.99a	35.38ab	44.35ab	34.28ab	2099a	30.46ab	36.22ab	11.75a	6.59a	39.37ab

3.3 不同植被措施的保土减少效益

植被保土作用系数和减沙效益 2 个指标通常被用来描述水土保持的功效^[7]。植被保土作用系数和减沙效益都是以相同情况下无植被覆盖的土壤侵蚀量为基础进行计算。

B 组:7 号小区小穴灌草;8 号小区小穴乔灌草;3 号小区全坡种草;12 号小区纯马尾松;6 号小区封山育林;9 号小区老头松改造;C 组:空白小区。分析结果显示各个组内径流损失没有显著的差异,但不同的组之间在 $p=0.05$ 水平上具有显著的差异。因此,在一定程度上说明了林草治理措施对坡面径流的影响,即坡面径流会因为采取林草治理措施而减少,但有时影响不显著。只有因地制宜的选择合理的植被类型和构造,才会对表径流损失有显著抑制的作用。

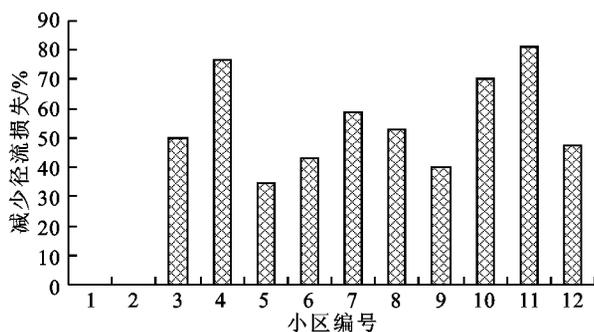


图 1 径流减少情况

地面的覆盖比其他覆盖对防止土壤侵蚀更有效。因此,因地制宜的选择合理的植被类型和构造,同样对减少土壤侵蚀有重要的意义。

同样的,对所有不同林草治理措施下的各小区产沙量进行单因素方差分析,得到各措施下产沙的均衡子集(如表 3)。不同植被治理措施对土壤侵蚀产沙量的影响被分为 3 组: A 组:11 号小区条沟乔灌草;10 号小区条沟草本;3 号小区全坡草本;7 号小区小穴灌草。 B 组:8 号小区小穴乔灌草;6 号小区封山育林;4 号小区整畦农作物;9 号小区老头松改造;12 号小区纯马尾松;5 号小区经济林; C 组:空白小区。分析结果显示各个组内产沙量没有显著的差异,但不同的组之间在 $p=0.05$ 水平上具有显著的差异,与径流量的比较结果一致。可见具有贴地面高覆盖的草本治理措施,如乔灌草、灌草、全坡草本等,对抑制土壤侵蚀效果最好。

覆盖地表的植被作物,具有抑制土壤侵蚀的保土作用,其抑制土壤侵蚀的能力大小,称为植被保土作用系数,用 C 表示^[8]。本研究的 C 表示植被措施抑制坡面径流产沙作用的大小。 C 的值在 $0\sim 1$,具有概率概念的特性。当无植被覆盖作用时, $C=0$;当植

被覆盖抑制土壤侵蚀作用达到最大时, $C=1$ 。根据 C 的定义, 计算公示为:

$$C = T/N \times 100\% \quad (1)$$

式中: C ——保土作用系数(%); T ——植被覆盖下的土壤侵蚀量(kg); N ——相同情况下无植被覆盖的土壤侵蚀(kg)。

本研究的植被保土作用系数将 C 值转化成 $(1-C)$ 来预估坡面侵蚀量。

减沙效益通过计算减沙效益特征指标减沙率来体现, 按照水土保法计算减沙效益(M):

$$M = \Delta S/S \times 100\% \quad (2)$$

式中: M ——减沙效益(%); ΔS ——采用植被措施后泥沙的变化量(kg); S ——对照区产生的泥沙量(kg)。

根据公式(1—2)对径流小区观测月统计数据计算, 得出如图 2 所示的不同植被措施下的保土作用系数与减沙效益, 保土作用系数由于治理措施的采取, 呈增大趋势, 其中 11 号小区的条沟乔灌草措施作用最大, 与上文的分析结果相符。植被的减沙效益与保土作用系数具有相似的趋势, 同样在条沟乔灌草措施下减沙效益最显著, 这可能是由于条沟草灌草林分结构最复杂, 贴近地表的盖度最高。

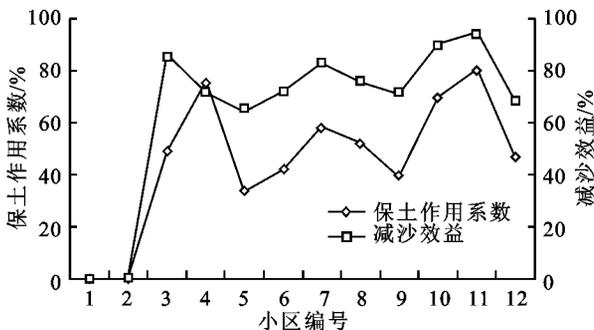


图 2 各小区的保土作用系数与减沙效益

3.4 不同植被措施径流泥沙与降雨的相关分析

各植被小区的地表径流与土壤侵蚀产沙量虽然差别很大, 但与降雨量的关系较密切, 地表径流、土壤侵蚀有与降雨量具有相似的规律, 多发生在雨季。对各小区的地表径流、土壤侵蚀量分别与月降雨量进行相关分析(表 4—5), 结果显示降雨量与各植被措施的径流量与土壤侵蚀量具有显著的相关性, 径流量与侵蚀量随降雨量的增大而增大。空白小区的径流量、土壤侵蚀量对雨量响应强烈, 植被措施下的小区径流量、土壤侵蚀量对不同的雨量响应不明显。

各措施的径流量、土壤侵蚀量的变化对降雨量的变化的响应存在差异。对地表径流与土壤侵蚀量分别与降雨量进行回归分析, 得出如表(表 4—5)所示的回归方程, 从回归方程看, 径流量、土壤侵蚀与降

雨量的回归方程的关系斜率随地表盖度的增加而降低, 即覆盖度越高的小区降雨量对坡面产流产沙的影响越小, 如条沟乔灌草、农作物、条沟草本等措施。其关系斜率最小, 说明产流量、土壤侵蚀量对不同的雨量响应不明显, 能够抑制坡面水土流失。

相对于降雨量对径流量的影响, 降雨量对土壤侵蚀量的影响更小, 这是因为坡面径流量、降雨强度、降雨历时等其他影响因素的累积作用弱化了降雨量对径流产沙的作用^[9]。

表 4 径流量与降雨的回归分析与相关分析

小区编号	径流回归方程	径流判断系数 R^2	显著性水平	相关系数
1	$Y = -6.446 + 0.362X$	0.636	0	0.952
2	$Y = -6.517 + 0.373X$	0.653	0.007	0.933
3	$Y = -9.589 + 0.226X$	0.778	0	0.782
4	$Y = -1.638 + 0.087X$	0.675	0	0.919
5	$Y = -13.831 + 0.303X$	0.807	0	0.836
6	$Y = -7.606 + 0.235X$	0.859	0	0.777
7	$Y = -4.716 + 0.164X$	0.573	0	0.496
8	$Y = -4.49 + 0.182X$	0.638	0	0.934
9	$Y = -9.014 + 0.253X$	0.756	0	0.942
10	$Y = -1.588 + 0.107X$	0.622	0	0.861
11	$Y = -1.902 + 0.073X$	0.780	0	0.877
12	$Y = -12.136 + 0.250X$	0.736	0	0.901

表 5 土壤侵蚀量与降雨的回归分析与相关分析

小区编号	径流回归方程	径流判断系数 R^2	显著性水平	相关系数
1	$Y = -73.254 + 1.272X$	0.697	0	0.835
2	$Y = -80.926 + 1.773X$	0.617	0	0.786
3	$Y = -8.829 + 0.167X$	0.443	0.02	0.665
4	$Y = -32.544 + 0.438X$	0.637	0	0.789
5	$Y = -30.999 + 0.486X$	0.570	0	0.755
6	$Y = -18.291 + 0.339X$	0.389	0.004	0.624
7	$Y = -5.892 + 0.173X$	0.317	0.012	0.563
8	$Y = -13.045 + 0.281X$	0.437	0.002	0.661
9	$Y = -22.384 + 0.378X$	0.702	0	0.838
10	$Y = -03.583 + 0.099X$	0.458	0.01	0.677
11	$Y = -2.267 + 0.057X$	0.655	0	0.883
12	$Y = -28.573 + 0.438X$	0.564	0	0.858

4 结论

对南方红壤区采取植被治理措施能够降低水土流失, 且各植被措施对土壤侵蚀的降低程度相对于对坡面径流的影响要大, 这与植被治理措施防制地表水土流失的机理有关。各种植被措施对土壤侵蚀的作用比对径流作用更有效。不同的植被措施对水土保持的效果表现不同, 这与植被措施下的植物特性、结构有关。各植被措施中, 条沟乔灌草、条沟草本、农作

物、条沟灌草等措施的水土保持效果较其他的乔木、乔灌措施要好,其原因可能是草本植物生长茂盛,根系发达,盖度较大,坡面侵蚀力被层层削弱,很好地起到水土保持的作用。而乔木、乔灌措施下,其贴地面覆盖度相对较低,不易形成乔灌草立体防护体系,其水土保持效果较差。因此,要根据各利用土地的水土流失特征,有针对性防治水土流失。

降雨量与各植被措施的径流量与土壤侵蚀量具有显著的相关性,径流量与侵蚀量随降雨量的增大而增大,且不同措施径流变化对雨量响应差异明显,空白小区、乔木措施的土壤侵蚀量变化对雨量的变化响应大,而贴地面覆盖度高的草本措施对雨量的响应不明显。

参考文献:

- [1] 杨学震,钟炳林,谢小东,等. 丘陵红壤的土壤侵蚀与治理[M]. 北京:中国农业出版社,2005.
- [2] 赵其国. 我国红壤的退化问题[J]. 土壤,1995,27(6):281-285.
- [3] 蔡丽平,刘明新,侯晓龙,等. 长汀县崩岗侵蚀区不同治理模式植物多样性的比较[J]. 福建农林大学学报:自然科学版,2012,41(4):524-528.

- [4] 史东梅,卢喜平,蒋光毅. 紫色丘陵区降雨侵蚀力简易算法的模拟[J]. 农业工程学报,2010,26(2):116-122.
- [5] 朱冰冰,李占斌,李鹏,等. 草本植被覆盖对坡面降雨径流侵蚀影响的试验研究[J]. 土壤学报,2010,47(3):401-407.
- [6] 蒋芳市,黄炎和,钟炳林,等. 不同治理措施对侵蚀红壤群落生物量及生产力的影响[J]. 水土保持通报,2009,29(5):12-16.
- [7] 伍红琳,张辉,孙庆业. 坡面人工植物群落修复对水土流失及控磷的影响[J]. 水土保持学报,2011,25(3):26-30.
- [8] 赵护兵,刘国彬,曹清玉. 黄土丘陵区不同植被类型对水土流失的影响[J]. 水土保持研究,2004,11(2):153-155.
- [9] 张晓明,余新晓,武思宏,等. 黄土区森林植被对坡面径流和侵蚀产沙的影响[J]. 应用生态学报,2005,16(9):1613-1617.
- [10] 韩永刚,王维明,杨玉盛. 闽北不同土地利用方式径流量动态变化特征[J]. 水土保持研究,2006,13(5):262-266.
- [11] 李钢,梁音,曹龙熹. 次生马尾松林下植被恢复措施的水土保持效益[J]. 中国水土保持科学,2012,10(6):25-31.
- [12] 黄茹,黄林,何丙辉,等. 三峡库区坡地林草植被阻止降雨径流侵蚀[J]. 农业工程学报,2012,28(9):70-76.

(上接第94页)

从沙堆稳定阶段相比大幅度下降,给灌丛沙堆的保育带来了很大的困难,因此,如何维持灌丛沙堆的稳定,防止其表层灌丛植被衰败,成为灌丛沙堆能否保育成功的关键。

参考文献:

- [1] 种培芳,苏世平,高暝,等. 4个地理种群唐古特白刺的抗旱性系统评价[J]. 水土保持通报,2011,31(3):213-218.
- [2] 张建锋,邢尚军,孙启祥,等. 黄河三角洲重盐碱地白刺造林技术的研究[J]. 水土保持学报,2004,18(6):144-147.
- [3] 王文,蒋文兰,谢忠奎,等. 黄土丘陵地区唐古特白刺根际土壤水分与根系分布研究[J]. 草业学报,2013,22(1):20-28.
- [4] 李进军,马存世,张有佳,等. 民勤连古城自然保护区白刺生长发育影响因素[J]. 东北林业大学学报,2010,38(10):41-43.
- [5] 玉苏甫·买买提,艾萨迪拉·玉苏甫. 新疆博斯腾湖周围白刺植物下土壤盐分组成及分布特征研究[J]. 新疆师范大学学报:自然科学版,2014,33(2):1-6.
- [6] 杜建会,严平,俄有浩. 甘肃民勤不同演化阶段白刺灌丛

- 沙堆分布格局及特征[J]. 生态学杂志,2007,26((8):1165-1170.
- [7] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析[M]. 上海:上海科学技术出版社,1978.
- [8] 彭飞,王涛,刘立超,等. 民勤荒漠绿洲过渡带白刺灌丛沙堆演化阶段及其空间格局[J]. 中国沙漠,2012,32(3):593-599.
- [9] 吴雪,贡璐,冉启洋,等. 阿拉尔垦区土壤理化因子与酶活性的通径分析[J]. 水土保持研究,2013,20(3):48-54.
- [10] 贾宝全,张红旗,张志强,等. 甘肃省民勤沙区土壤结皮理化性质研究[J]. 生态学报,2003,23(7):1442-1448.
- [11] 余娜,刘济明,张超,等. 不同沙生植被土壤酶活性分异特征研究[J]. 水土保持研究,2010,17(1):77-81,83.
- [12] 贾晓红,李新荣,陈应武. 腾格里沙漠东南缘白刺灌丛地土壤性状的特征[J]. 干旱区地理,2007,30(4):557-564.
- [13] 陈孙华. 衡阳紫色土丘陵坡地不同恢复阶段土壤理化特征[J]. 水土保持研究,2013,20(1):57-60.
- [14] 李志鹏,赵业婷,常庆瑞. 渭河平原县域农田土壤速效养分空间特征[J]. 干旱地区农业研究,2014,32(2):163-170.