

内蒙古阴山北麓缓坡丘陵坡耕地的农业自然生产潜力及其限制因子分析

李忠辉¹, 殷剑敏¹, 林瑞坤²

(1.江西气象科学研究所, 江西 南昌 330046; 2.福州市气象局, 福建 福州 350014)

摘 要:内蒙古阴山北麓后山地区处在中国北方农牧交错区。这一地区自然条件恶劣,水土流失、风蚀沙化严重,生态环境极其脆弱,急需治理。本区地形以缓坡丘陵为主,坡耕地占很大比重,因此加强坡耕地的治理显得十分必要。根据研究区的自然条件及生产特征,建立了光、温、水和土壤条件对丘陵坡耕地的农业自然生产潜力的分析模型和综合模型,表明制约阴山北麓缓坡丘陵坡耕地农业自然生产潜力的主要限制因子是风蚀引起的土壤肥力的变化,其次是地势造成的土壤水分的不同,再次是光、热、水配制结构不平衡。通过农业自然生产潜力的分析,得出丘陵顶部的农业自然生产潜力最低,其次是北坡,最高是南坡,因此,要加大对坡顶和北坡的综合治理力度。

关键词:农牧交错带; 缓坡丘陵; 限制因子; 生产潜力

中图分类号:S181 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-2043(2005)06-1119-04

Productive Potential for Agriculture and its Constraint Factor at Gentle Slope Hills in North Foothill of Yin Shan, Inner Mongolian, China

LI Zhong-hui¹, YIN Jian-min¹, LIN Rui-kun²

(1.Meteorological Science Institute of Jiangxi Province, Nanchang 330046, China; 2.Meteorological Bureau of Fuzhou, Fuzhou, 350014, China)

Abstract: The gentle slope hills of ecotone between agriculture and animal husbandry lie in the north of China with very serious natural condition, characterized by loss of top surface soil, wind erosion, degradation and serious desertification. Because of this, the environment needs to be recovered. The agricultural production is low, which due to degradation of local soil, so it is urgently necessary to restore environment. Because most areas in the ecotone are gentle slope hills, and the slope plowland accounts for a large proportion,so it's very important to manage eco-environment in the gentle slope hills. According to the natural condition and the production characteristic, we established an agricultural nature productive potential analysis model and a unified model in terms of light, temperature, water and soil condition. The models indicated that the most important constraint factor, restricting productive potential in the north foothill of the Yin shan was the down of soil fertility caused by wind erosion. The second constraint factor was the different soil moisture at different topography. In addition, the configuration structure of light, heat and water may also be the factors. The results showed nature productive potentiality of farming agriculture content was highest in the south slopes, the lowest on the top of the gentle slopes and in the north slopes in the gentle slopes of degree. So it's very important to manage eco-environment on the top of the gentle slopes and the north slopes.

Keywords: ecotone; gentle slope hills; constraint factors; productive potential

收稿日期:2005-01-06

基金项目:国家重点攻关项目课题“北方旱区农牧交错带防沙型农业发展模式与技术研究”(2001BA508B12);国家重点基础研究发展规划项目草地与农牧交错带生态系统重建及优化生态-生产示范项目“农林牧系统复合与生产力耦合机制”课题(G2000018606)

作者简介:李忠辉(1977—),男,吉林省吉林市人,硕士,工程师,主要从事生态环境和农业气象的研究。E-mail:bater12@163.com

1 概况

内蒙古阴山北麓又称后山地区,位于旱农区的边缘和农牧交错带的中部,处于北京的上风向。该区属中温带、半干旱、大陆性季风气候区,具有光资源丰富、热量资源不足、干燥少雨、无霜期短、风大风多,经常刮西北风等特点。多年平均气温 1.3℃~3.5℃,≥10℃年活动积温 1 800℃~2 600℃,无霜期 90~120 d。年平均日照时数为 2 689~3 250 h,太阳年辐射总量为 5 625~6 350 MJ·m⁻²。多年平均降水量为 200~400 mm,由东向西递减,80%~90%降水量集中于 4—9 月份,但分配不平衡,年际变化较大。本地区地形多为缓坡丘陵,耕地形式多以旱坡地为主,占耕地总面积的 71.7%,其中坡度 6°~10°的耕地占 22.1%,10°以上的耕地占 6.6%。鉴于坡耕地所占的比重之大,应该加强坡耕地作物生产潜力和其限制因子的研究,以利于更好地利用我国有限的土地资源^[1]。

2 农业自然生产潜力模型

农业自然生产潜力主要是由光、温、水和土壤条件等因素决定的,因此其模型可简单地表示为:

$$P_{(c)}=P_f \cdot f_{(t)} \cdot f_{(w)} \cdot f_{(c)} \tag{1}$$

式中: $P_{(c)}$ 为农业自然生产潜力, kg·hm⁻²; P_f 及 $f_{(t)}$ 、 $f_{(w)}$ 和 $f_{(c)}$ 分别代表光合潜力及温度、水分和土壤条件对农业自然生产潜力的影响函数。此外,作物种类和熟制对农业自然生产潜力也有一定的影响,后山地区主要种植的作物是莜麦、油菜和马铃薯。基本都是一年一熟制,4月中旬至10月中旬为作物的生长期。

2.1 光合生产潜力

光能资源是形成产量的基本因子,缓坡丘陵不同部位的辐射总量见表 1。光合生产潜力是假设在其他各种环境因子均处于最合适条件下单位面积上作物群体所能产生的生物量,其模型为:

$$P_f=0.375L_N/L_0 \sum Q \tag{2}$$

式中: P_f 为光合生产潜力, kg·hm⁻²; L_N/L_0 在群体最优结构时为 1,在这里为了研究方便,取 1; $\sum Q$ 为投射到地表的辐射能量, MJ·m⁻²。

表 1 缓坡丘陵不同部位日辐射总量
Table 1 Total radiation quantities at different places of the sloping hill

坡位	丘陵南坡	丘陵顶部	丘陵北坡
实际太阳辐射/MJ·m ²	3 619.4	4 784.0	3 125.9

2.2 温度影响函数及光温潜力

热量资源是作物产量的一个重要的制约因子,2003 年逐月平均气温见表 2。要通过温度函数来修正光合潜力,温度函数可近似地表示为:

$$f_{(t)}=\begin{cases} 0 & t<t_0 \\ (t-t_0)/(t_1-t_0) & t_0\leq t<t_1 \\ 1 & t\geq t_1 \end{cases} \tag{3}$$

式中: t_0 和 t_1 为最初播种期温度和最适合温度,分别取为 5℃和 22℃; t 为实际温度,℃。

以 P_t 为光温生产潜力的公式如下:
$$P_t=P_f \cdot f_{(t)} \tag{4}$$

2.3 水分影响函数及气候生产潜力

由于在本区降水很少,对于丘陵不同部位来说,土壤水分无疑是影响丘陵不同部位作物用水的主要因素,不同时间土壤水分空间变异状况见表 3。所以要从土壤水分方面来订正丘陵不同部位的气候生产潜力。一般认为土壤田间持水量的 80%为作物最优含水量。因此,订正公式如下:

$$f_{(w)}=r/(R \times 80\%) \tag{5}$$

式中: r 为丘陵不同部位的水含量,%; R 为土壤田间持水量,%。以 P_w 为光温水土生产潜力的公式如下:

$$P_w=P_{(t)} \cdot f_{(w)} \tag{6}$$

2.4 农业自然生产潜力(光温水土)

在作物的生产过程中,必须考虑土壤对作物的影响。因为土壤对农业自然生产潜力的影响很复杂,很难界定。所以本文采用最低限制因子律模型^[2],即:

$$f_{(c)}=\min(Z,B,N1) \tag{7}$$

式中: $f_{(c)}$ 代表土壤订正因子; Z 为土壤剖面指数:

$$Z=\begin{cases} 1 & d>100 \\ d/100 & 30<d<100(d \text{ 为土壤中障碍层深度,见表 4}) \\ 0.1 & d<30 \end{cases} \tag{8}$$

B 为土壤耕作层的结构指数:
$$B=1.4-(D/2.7) \tag{9}$$

D 为土壤容重,根据表 5 取值;
 $N1$ 为土壤养分含量指数:

$$N1=\begin{cases} 1/2(TN/0.2+TP/0.1) & TN\leq 0.2 \quad TP\leq 0.1 \\ 1 & TN>0.2 \quad TP>0.1 \end{cases} \tag{10}$$

其中 TN、TP 是全氮、全磷,如果 $N1=1$ 就不存在限制问题,其他养分就是限制农业自然生产潜力的因子,不同部位 0~20 cm 土层养分含量见表 6。

以 P_c 为代表的 光温水土生产潜力公式如下:
$$P_c=P_w \times f_{(c)} \tag{11}$$

表 2 2003 年逐月平均气温

Table 2 Averaged temperature monthly in Wuchuan County in 2003

月份	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月
月均温/℃	4.5	13.1	15.9	18.2	16.7	13.2	3.6

表 3 不同时间土壤水分空间变异

Table 3 Spatial variance in soil water of the hill at different times

坡位	南坡下	南坡中	坡顶	北坡中	北坡下
0~80 cm 土壤水分含量/%	18.5	18.6	5.3	14.4	7.2

表 5 丘陵不同部位土壤容重(g·cm⁻³)

Table 5 Soil bulk density from different places of the sloping hill

深度	丘陵南坡	丘陵顶部	丘陵北坡
0~20 cm	1.53	1.73	1.68

表 4 丘陵坡地障碍层出现层次

Table 4 Obstacle layers of the sloping field on the hill

项目	南坡下部	南坡中部	南坡中上部	南坡上部	丘陵顶部	北坡上部	北坡中部	北坡下部
出现深度/cm	60	50	40,90	45,60	40	50	50	70
名称	白胶泥	白胶泥	红胶泥,黄砂	红胶泥,白胶泥	黄砂	黄砂	黄砂	干黄土

表 6 丘陵坡地不同部位 0~20 cm 土层养分含量

Table 6 The contents of nutrients at 0~20 cm soil layer at different positions on the hill

位置项目	丘陵南坡				丘陵顶部	丘陵北坡			
	下部	中部	上部	平均		上部	中部	下部	平均
有机质%	1.99	1.64	1.79	1.81	1.21	0.90	0.90	0.81	0.87
全氮%	0.173	0.127	0.112	0.137	0.072	0.113	0.106	0.101	0.107
全磷%	0.0301	0.0493	0.043	0.0408	0.0316	0.0309	0.0295	0.0299	0.0301

的系数。 S/S_0 为日照百分数订正^[2]。具体需要数据由当地气象局提供。数据和计算结果,见表 7。

由表 7 可以看出,坡顶的光合和光温生产潜力都大于南北坡,可见地形对坡的不同部位作物受到的辐射和温度影响很大,坡顶的光合生产潜力明显比南坡和北坡多出 4 367.33 和 6217.88 kg·hm⁻²。但经过水分订正之后,南坡的气候生产潜力比北坡和坡顶多出 1 717.5 和 2 541.9 kg·hm⁻²。再经过土壤因子的订正,农业自然生产潜力南坡比坡顶和北坡分别多出 1 851.7 和 1 857.5 kg·hm⁻²,以北坡的作物生产潜力最低。以

表 7 丘陵不同部位气候生产潜力(kg·hm⁻²)

Table 7 Climatic potential productivity at different positions of the hill(kg·hm⁻²)

项目	P_f	P_t	P_ω	P_c
南坡	13 572.75	9 290.3	6 096.8	3 331.9
坡顶	17 940.08	11 800.8	4 379.3	1 480.2
北坡	11 722.2	8 099.8	3 554.9	1 486.0

3 丘陵不同部位农业自然生产潜力的计算及丘陵生产的限制因子研究

根据当地地形的特点,把试验地点设在内蒙古自治区呼和浩特市武川县东土城子乡三间房村北的一个东西走向的缓坡丘陵,经过 GPS 定位具体在(N41° 08′ 30.0″ ~N41° 08′ 44.4″ ,E111° 18′ 39.2″ ~N111° 18′ 54.2″)。并实地测量南坡的平均坡度在 3.0°左右。北坡的平均坡度在 5.4°左右。试验时间为 2003 年 4 月至 10 月。要测定的项目有土壤水分含量(采用土钻法)、田间持水量、土壤剖面障碍层、土壤容重(环刀法)、土壤养分含量。不同坡位投射的太阳辐射根据坡面辐射公式和左大康公式 $Q=Q_0(A+BS/S_0)$,其中 Q 为实际接受的辐射量, Q_0 为晴天总辐射量, A 、 B 是随气候变化

上得出的缓坡丘陵不同部位农业气候生产力和作物气候生产力的分布与实际测定(图 1)的不同部位植被产量观测结果较为相似。可见,对于内蒙古农牧交错带广泛分布的缓坡丘陵,水分和土壤状况是影响丘陵不同部位作物生产的最重要因素,也就是影响坡耕地作物产量的主要限制因子,其影响远大于光照和温度因子,因此要重点改良土壤的肥力状况。对于北坡和坡顶来说,如果要是耕种,就得加强保水、保肥措施,另外还要增施肥料,改良土壤,提高作物的产量。否则就全部退耕,这样就能够使土地植被得到恢复,改善生态环境。

4 缓坡丘陵改良治理分析

上述计算结果为农牧交错带缓坡丘陵地区的土地合理利用,建设基本农田和适度退耕还林还草的战略和政策的制定提供了依据。由于北坡和坡顶的生产潜力的低下,应是退耕还林还草的重点。南坡和丘陵

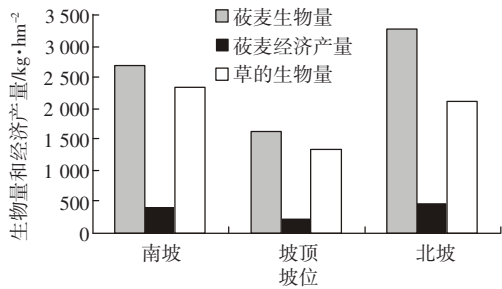


图 1 丘陵不同部位作物生物量和经济产量比较(1999 年 9 月)

Figure1 Spatial variation of economic yields at different parts of the hill(1999.9)

基部水土条件较好,气候生产潜力和农业自然生产潜力均较高,一般都应实行等高耕种建成基本农田。过

去一些地方发生的滥垦丘陵,把梯田修到坡顶;近年来一些地方又把整个丘陵从上到下全部退耕。这 2 种极端的做法,都违背了缓坡丘陵的生态规律,也违背了兼顾生态效益与经济效益、生态环境建设与社会经济发展协调统一的原则。

参考文献:

[1] 郑大玮,妥得宝,王砚田.内蒙古阴山北麓旱农区综合治理与增产配套技术[M].呼和浩特:内蒙古人民出版社,2000.1-5.

[2] 潘守文. 小气候考察的理论基础及应用 [M]. 北京: 气象出版社, 1989.78-85.

[3] 苏维词.内蒙古准格尔旗主要耕作土的农业自然生产潜力及限制因子分析[J].干旱地区农业研究,1994,12(2):63-68.