

土地利用变化对农业自然灾害灾情的影响机理（一）*

——基于实地调查与统计资料的分析

史培军 苏 筠 周武光

（北京师范大学资源科学研究所，教育部环境演变与自然灾害开放研究实验室
北京，100875）

摘 要

土地利用变化不仅影响区域灾情结构与类型，还深刻影响其灾情程度。本文以处在北方农牧交错带中段、深受旱灾影响的内蒙古乌兰察布盟为案例，基于统计资料，以及野外调查，剖析了在气候干旱化程度加剧、农作物成灾面积在波动中增加的趋势下，粮食产量在波动中增加的机理。结果表明，在土地利用中，粮食作物种植结构及其面积比例的调整增加了粮食生产系统抵御农业自然灾害的能力。由此认为，调整土地利用结构是一个有效的减灾措施。

关键词：土地利用变化 农业自然灾害灾情 内蒙乌盟

土地利用从景观尺度上反映了人类对自然生态系统的影响方式及程度^[1]，土地利用的变化在很大程度上反映了人类活动与自然生态条件变化的综合影响^[2]。土地利用作为农业自然致灾因子的承灾体，其脆弱性程度对农业自然灾害灾情的影响是直接的，而且也是很明显的^[3]。由于土地利用的变化，不仅影响农业灾情的结构与类型，而且还影响着其灾情程度^{[4][5]}。基于这些认识，本文选择处在北方农牧交错带、深受以旱灾为主的农业气象灾害影响的内蒙乌兰察布盟为案例^[6]，通过实地考察、访谈，系统地收集这一地区土地利用变化、农业生产与自然灾害灾情的资料，并对这些统计资料进行了校核。在此基础上，剖析了在气候干旱化程度加剧、农作物成灾面积在波动中增加的趋势下，粮食产量在波动中提高的机理。

一、 农牧业生产的气候背景分析

内蒙乌盟地处北方农牧交错带，位于内蒙古自治区中部，共辖 2 市 9 旗（县），其中有 9 个旗（县、市）属农牧交错的土地利用结构^[7]。由于受东南季风边缘的气候波动和全球增暖的影响^{[8][9]}，使这一地带的农牧业生产的气候条件处在极不稳定的状态，从而极易形成农业气象灾害。由于水分保障程度是这一地带制约农牧业生产的主要控制因素，农牧业生产的波动在某种程度上，受制于降水的波动^[8]。

乌盟地区各年降水量不多，从南向北逐渐减少，前山大部分地区年均降水 370-420 毫米，后山多数地区为 300-350 毫米，后山北部地区少于 260 毫米。乌盟的降水保证率低，年相对变率大，一般为 20-25%^[10]。而且降水集中于夏季，年内分配不均。统计 1961-1997 年多年平均月降水量，结果表明夏季（6-8 月）

*国家自然科学基金资助项目（49671001）与国家自然科学基金重大项目（39899370）资助

降水量占全年降水量的 68%。为分析乌盟农牧业气候背景，分别绘制了全盟各旗县 1961-1997 年年均温、年降水量变化曲线及其变化趋势线图。

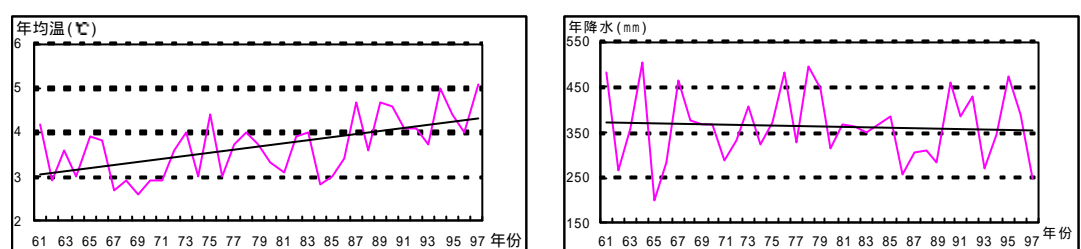


图 1 1961-1997 年乌盟年均温、降水量波动曲线（数据来源于乌盟气象局）

表 1 乌盟 1961-1997 年各旗县
年均温、年降水量变化趋势值

气象站名称	年均温变化值 ($^{\circ}\text{C}/10\text{a}$)	年均降水量变化 值 ($\text{mm}/10\text{a}$)
察右中旗	0.29	9.97
察右后旗	0.54	6.04
四子王旗	0.42	2.63
丰镇市	0.45	2.55
集宁市	0.28	2.24
察右前旗	0.45	1.18
商都县	0.41	-0.73
化德县	0.37	-0.98
兴和县	0.27	-8.20
凉城县	0.20	-10.11
卓资县	0.20	-10.25
全盟平均	0.35	-4.75

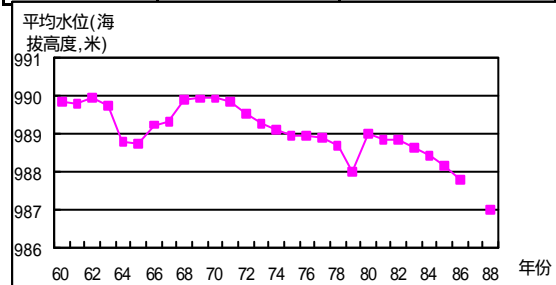


图 2 岱海水位变化过程（1960-1988）
（据凉城县水利局资料）

图 1、表 1 结果表明：a.乌盟地区每一个旗县 1961-1997 年年均温变化曲线中都有温度升高的趋势，其中有五个旗县最为明显，增温率约 $0.4^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ，而这五个旗县中多年平均气温最低的只有 3.3°C ，最高的也只有 5.1°C ，可见温度升高的累积变化值对于这个地区已有足够大的影响，特别是使蒸发耗水力加强。增温趋势最不明显的旗县增温率也达到 $0.2^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 。比较而言，后山地区的增温趋势大于前山地区。b.从乌盟各旗县 1961-1997 年年降水量变化曲线中看到降水量的变化有增长、减少两种趋势，而且最大减幅大于最大增幅。从全盟平均来看降水量是呈减少趋势，每 10 年减少约 5mm，全盟的年降水量平均值为 363.8mm，那么这 37 年的减少量已占到平均年降水量的 5%。考虑到增温与降水减少的匹配关系，显示出土壤水分的干燥程度必然呈现加重的趋势，这正是这一地区生态环境“局部改善，整体恶化”的一个重要的自然原因。这一点也可从本区岱海水位在波动中降低得到佐证

（图 2）。图 2 中，1988 年以后的数据没有得到，但从野外对近 10 年的湖岸线调查来看，平均水位已降到海拔 986 米以下，更显示出湖泊水位下降加剧的趋势。尽管在这一变化中，还包含着人为对入湖河流开发利用程度的增加，但也足以说明降水减少、温度增加带来对水文系统以及土壤水分的影响。

综上所述，乌盟气候变化的干燥化趋向正是这一地区干旱程度加剧、农业旱灾成灾面积在波动中增加的一个重要自然背景。

二、农业自然灾害与粮食生产关系的分析

根据我们野外调查所填写的“农业自然灾害调查表”所统计的 1975、1980、1985 和 1990-1997 年粮食作物成灾面积与同年粮食产量的资料，对乌盟各县及

全盟农业自然灾害与粮食生产关系进行了分析。

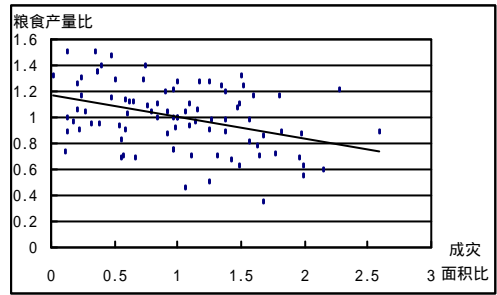


图 3 乌盟各县 1990-97 年农业成灾面积比与粮食产量比的关系图

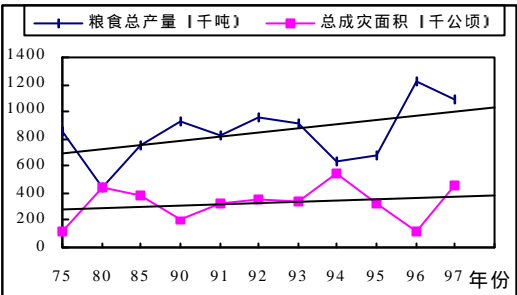


图 4 乌盟成灾面积与粮食产量的动态变化图

用 1990-1997 各年粮食产量、成灾面积值与平均值相比，用无量纲的比值做散点图，图 3 表明农业总成灾面积对粮食总产量有明显的负影响，二者呈明显的反相关关系，这是可以理解的；然而图 4 显示出全盟成灾面积与粮食产量在波动中均呈增加的趋势似乎与图 3 显示的关系是矛盾的。表 2 结果表明，对于多数旗县来说两者都在波动中呈增长趋势，但后者是抵御前者之后仍有增长，且幅度较大。这就暗示着这一地区粮食生产系统对农业自然致灾因子的承受能力有所增强，即脆弱性有所降低。由此可见，农业生产系统作为自然致灾因子的承灾体，其脆弱性水平已经成为农业自然灾害灾情程度大小的重要影响因素。

表 2 乌盟各旗县 1990-1997 年成灾面积、粮食产量趋势变化

旗县名称	中旗	后旗	四子王	丰镇	前旗	商都	化德	兴和	凉城	卓资
成灾面积趋势变化 (公顷/年)	-505	869	959	1713	3368	-3144	874	7034	804	127
粮食作物产量趋势 变化(吨/年)	4711	3506	5421	157	2689	2351	89	2381	392	1506

三、土地利用变化对农业自然灾害灾情程度的影响分析

前一部分中的分析使我们看到农业生产系统在农业自然灾害灾情程度大小中起着举足轻重的地区，而农业生产系统又与农业生产中土地利用结构及作物种植结构有着密切的关系。为了能够从根本上探讨土地利用变化对农业自然灾害灾情程度的影响，我们必须从粮食生产中区分农业自然致灾因子对粮食生产的影响，农业政策、技术及社会因素对粮食生产影响的份额，然后，进一步揭示以土地利用为标志参数的非自然因素对缓减或加强农业自然灾害灾情程度的影响机理。

3.1 农业自然致灾因子与自然因素在粮食生产中贡献份额的估算

根据通常所使用的粮食产量预测模型^[11]如式 (1)，

$$y_t = \bar{y}_t + y_w \tag{1}$$

(y_t 为实际单位产量， \bar{y}_t 为单位产量的时间趋势项， y_w 为产量波动项)

\bar{y}_t 反映了包括政策、物质投入、科学技术水平等非自然因素对粮食产量的影响， y_w 反映了包括农业自然致灾因子等自然因素对粮食产量的影响。其中， \bar{y}_t 可以采用多项式逼近的方法，利用乌盟 1978-1997 年的有关资料，得到 (2) 式：

$$\bar{y}_t = 3.8205t^2 - 39.115t + 861.04 \tag{2}$$

由于自然因素对粮食生产的影响有有利的和不利的两方面的影响，用 y_b 表示有利作用， y_d 为不利（灾害）作用，有式 (3)：

$$y_w = y_b - y_d \quad (3)$$

选择近 10 年内灾情最小的 1996 年视为正常年份，即 $y_d = 0$ ，则该年的 $y_b = y_t - y_t$ 。
令 $\bar{y}_p = \bar{y}_t + y_b$ ，即 $y_t = \bar{y}_p - y_d$ 。

粮食总产量 Y_t 包括：a. 上一年已达实际总产量 Y_{t-1} ，b. 上一年产量基础上的粮食产量增产能力 \bar{Y}_p ，c. 因播种面积 S_t 增减造成的粮食产量增减 Y_s ，d. 因自然因素造成的粮食损失量 Y_d ， $Y_t = Y_{t-1} + \bar{Y}_p + Y_s - Y_d$ 。其中， $\bar{Y}_p = (\bar{y}_p - y_{t-1}) * S_t$ ， $Y_s = y_t * (S_t - S_{t-1})$ 。由此可得到式 (4)，

$$\Delta Y_t = Y_t - Y_{t-1} = \bar{Y}_p + Y_s - Y_d \quad (4)$$

由 (4) 式可以看出，粮食产量变化由社会因素引起的单产水平变化、播种面积变化、由自然因素引起的产量变化构成。记 C 为总变化量，则：

$$C = |\bar{Y}_p| + |Y_s| + |Y_d| \quad (5)$$

用 $C_p = |\bar{Y}_p| / C * 100\%$ ， $C_s = |Y_s| / C * 100\%$ ， $C_d = |Y_d| / C * 100\%$ ，可分别求出反映土地利用水平（非自然因素）的单产、播种面积、反映灾害（自然因素）的粮损量的变化对产量变化的作用，结果如表 3。

表 3 乌盟粮食生产中土地利用、自然灾害和播种面积贡献份额估算

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	平均
土地利用水平贡献额 (%)	84	34	62	45	33	50	99	23	53.75
自然灾害危险贡献额 (%)	11	66	35	49	60	50	0	71	42.75
播种面积变化贡献额 (%)	4	0	3	6	7	0	1	6	3.5

由表 3 可见，乌盟近年来的粮食产量变化主要来自土地利用水平和自然灾害的影响，由于播种面积变化不大，故所起作用不明显。由此可以认为，非自然因素对农业生产的影响大于自然因素的影响，但在该盟“靠天吃饭”的现象还较严重，反映在自然灾害的影响仍占相当比例。

3.2 农业土地利用变化对粮食生产的影响

从以上分析中可以看到，以粮食单产为指标的变化，对乌盟粮食生产的影响平均达到近 54% 的比例。究其原因，则在耕地面积变化不大并略减的情况下，与其粮食作物内部结构及其用地面积的变化有着深刻的关系。为此，我们分析了全盟的情况和该盟中兴和县的情况。

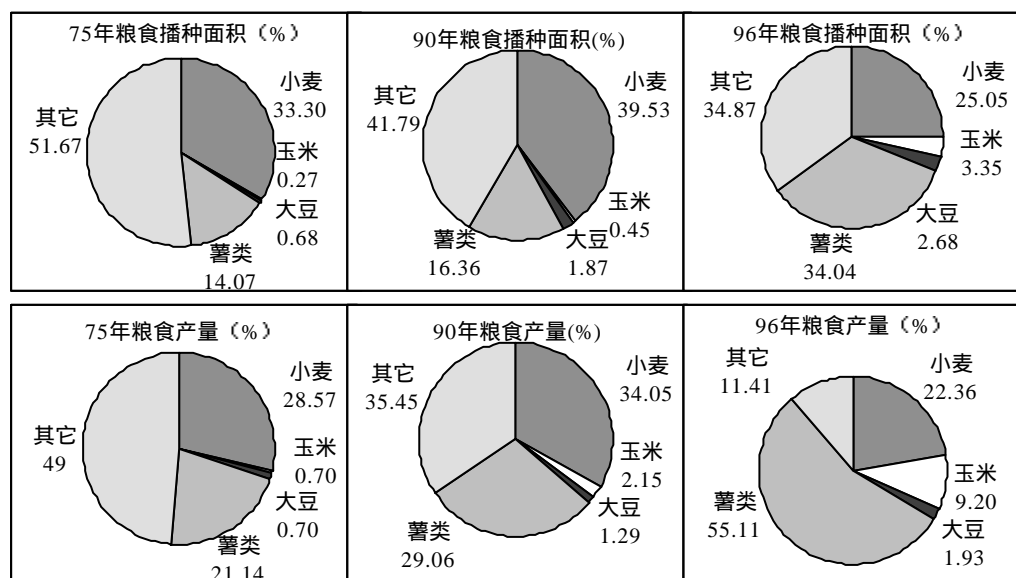


图 5 乌盟 1975、1990 和 1997 年粮食种植结构及产量比例比较 (据乌盟统计局资料)

图 5 是乌盟全盟的粮食作物种植结构及各种作物产量比例的比较图。从中

可以看到：1975 与 1990 年相比种植结构相近，1996 年加大了单产水平高的玉米、薯类的种植比例，减少了单产水平低的小麦和其它杂粮的种植比例。1996 年玉米播种面积所占比例是以前的 7 倍左右，薯类种植面积 1996 年比 1975 年增加了占播种面积的 20%。而其它杂粮、小麦都有较大幅度的减少，其它杂粮的所占比例减少了 17%左右。薯类产量在 1996 年时占到粮食总产量的一半多，而在 1975 年占粮食总产量一半的其它杂粮则只占 11%左右。这就说明，增大单产高、抗旱性好的作物种植比例，可以降低粮食生产的易损性。这从下面对该盟兴和县的深入分析结果更能说明这一结论。

3.2.1 兴和县粮食作物结构的变化

兴和县地处乌盟东南角，属阴山北麓丘陵地带，多年平均降水量 379mm，年变率约 22%。旱灾是该县主要自然灾害，对农业生产影响甚大。兴和县从 80 年代到 90 年代自然灾害成灾面积有所增加，80 年代旱灾成灾面积约 40 万亩/年，1991-97 年间约 60.3 万亩/年；与此同时，粮食产量在 1990 年之后上了一个台阶，1981-1990 年均产粮 73.4 千吨，1991-1997 年均产粮 95 千吨。由于该县的粮食作物播种面积在此期间呈递减趋势，从 1981 至 1997 年大约每年减少播种面积 7500 亩，这说明粮食产量在此期间增加是在自然灾害增强的情况下实现的。

兴和县主要种植有小麦、玉米、豆类（大豆、杂豆）、薯类（马铃薯）、杂粮（莜麦、荞麦、谷子等）。从 80 年代初到 1997 年，兴和县粮食作物结构发生了很大的变化（图 6）。

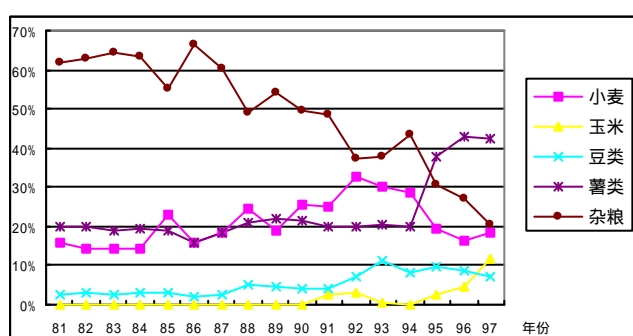


图 6 兴和县 1981-97 年粮食作物种植面积百分比

（据兴和县统计局）

由图可以看出，小麦的种植面积比例有一个先增后减的过程；豆类、玉米、薯类的种植比例呈增加趋势，尤其是薯类；杂粮的种植比例是大大减少了。作物种植结构变化可分为两个阶段：a. 玉米和豆类在 80 年代的种植比例都微不足道，在 80 年代初合计达 2.8%，到中后期也仅 3.7%，变化仅在于小麦、杂粮两种作物之间的互相

调整，而且调整幅度较小，仅有约 4-5% 的增减。所以说，在 80 年代种植结构较为简单，变化也较小；b. 在 90 年代，玉米和豆类的种植面积比例在初期达 9.7%，在 1996-97 年已达 16.2%，而且小麦、薯类、杂粮的种植比例也有较大的变化，薯类大增，杂粮大减。所以说，90 年代的种植面积比例变化既包含作物结构呈多样化的变化，也包括作物间的比例大调整的变化。

3.2.2 作物结构变化对粮食增产的贡献

粮食总产量是由各种作物的单产及其种植面积所决定的，不同作物的单产及其种植比例结构将导致总的粮食产量不同。分析兴和县 1981-1997 年各作物产量对总产量贡献率的变化趋势和种植面积比例的变化趋势是一致的，但由于各种作物单产不同，使得贡献率的值及变化幅度与种植面积比例不同。如：玉米和薯类的单产都高于平均单产，又叠加了种植面积比例增加的因素，两者贡献率由 80 年代初占 31.4% 到 1997 年已占到 72%（种植面积比例为 51%）。而杂粮的单产较低，又叠加了种植面积比例减少的因素，贡献率由 80 年代初的 55% 到 1997 年仅有 13%。可见由于作物单产有高低差别，调整作物种植结构对粮食

产量的影响是明显的。

考虑到作物结构变化可分为两个阶段，所以分别计算了 1981-1990、1991-1997 年两个阶段各类作物的单产量和种植比例（表 4）。

表 4 兴和县 1981-1997 年粮食作物单产及种植比例

单位：公斤/亩，%

时间阶段	粮食单产	小麦		玉米		豆类		薯类		杂粮	
		单产	种植比例	单产	种植比例	单产	种植比例	单产	种植比例	单产	种植比例
1981-1990	61.3	53.2	18.4	191.6	0.1	47.1	3.1	98.8	19.6	51.7	58.8
1991-1997	81.5	72.6	24.4	234.7	3.6	52.1	8.0	109.2	29.0	54.7	35.0

（数据来源于兴和县统计局）

如果不调整作物结构，仅有各类作物单产上升，则可以使平均粮食单产增加 7.5 公斤/亩；如果各种作物单产不上升，仅通过调整作物结构，则可以使平均粮食单产增加 9.1 公斤/亩。由此认为，选择单产水平高的作物，并扩大其种植面积对粮食增产的贡献是非常突出的。

3.2.3 用地结构多样化对农业灾情的影响

不同的作物需水关键期是不一致的。兴和县降水集中于夏季，但变率较大，在自然条件允许的情况下使种植结构多样化，有利于利用作物需水关键期的时间差，这样可以提高水资源的利用率。

以玉米、杂粮、薯类为例，玉米需水关键期在 7-8 月，7、8 月需水分别在 85-190mm 和 55-77mm 之间；马铃薯需水关键期在 6、7 月，7 月降水多于 50mm 即可，8 月降水过多则影响品质直至减产^[12]。

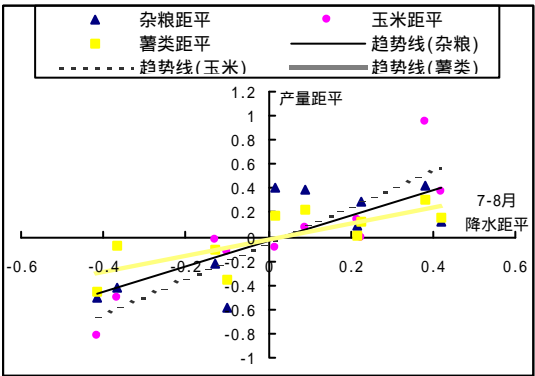


图 7 不同作物产量距平与 7-8 月降水距平关系图

从图 7 可以看到，7-8 月降水距平的 0 值（相当于降水量 192mm）是一个分界点，降水正距平越大则三种作物的产量正距平（增产）排序为玉米、杂粮、薯类，降水负距平越大则产量负距平（减产）排序相反。如果只种植玉米一种作物，可能在丰水获得大丰收，而少水年将大减产；如果三种作物都种植，则无论丰枯，总能通过作物互补以获得一个较为稳定的收成。

马铃薯是抗旱高产稳收作物，马铃薯在旱年亦能全苗，而且它前期抗旱力强，块茎中含 75% 的水分，在土壤缺水时，能利用块茎中的水分生长^[12]。杂粮其实多数是非常抗旱或利于抗旱的作物，例如糜子，在年降水量低于 300 毫米的地方不灌水也能种，如荞麦仅 60-80 天的短生育期利于灾后复种补种^[12]，但是杂粮本身的单产与其它作物比较低。依当地的条件，近年种植地膜玉米保证稳产高产，但是地膜使用量有限，所以种植比例有限。相较而言，该区已属种植小麦的边缘区，只有在滩川地具较高产量，在扩种其它旱地作物的情况下小麦种植比例适当减少了。所以当地通过实践积累经验，用地结构逐步向适宜的方向调整，以降低粮食生产系统的易损性。

由此可见，作物结构的多样性是有利于抵消灾害的负作用，即使是受灾、成灾面积增加，亦可保证粮食产量。

四、结论

本文依据野外调查及统计资料,分析了土地利用变化对农业自然灾害灾情的影响机理,得出如下结论:

1. 土地利用变化对农业自然灾害灾情的影响主要表现在其对农业自然致灾因子抵御能力的影响,即相对改变农业成灾体的脆弱性水平。

2. 乌盟的实例分析表明,农业生产系统对农业致灾因子的抵御能力有明显的增强趋势,其突出表现就是粮食单产水平的提高,大大削减了因灾造成对粮食生产影响的程度。与此同时,气候的干燥化趋向和旱涝灾害仍然对这一地区粮食生产构成明显的影响,提高抗旱防洪能力仍然是本区生态建设和农业基础设施改造的重要任务。

3. 增大单产高、抗旱能力强、特别是地下有用生物量高的作物品种的种植比例在干旱半干旱地区大大有利于粮食生产系统抵御自然灾害能力的提高。建立生态环境安全条件下、促进粮食生产在波动中增加的土地利用结构是我国北方半干旱农牧交错带增强农业生产系统减灾能力的有效和可行途径。

主要参考文献

- [1] 史培军, 人地系统动力学研究的现状与展望, 地学前缘, 1997, 1-2 期
- [2] 史培军, 再论灾害研究的理论与实践, 自然灾害学报, 1996, 5 (4)
- [3] Burton, I.R., W.Kates and G.F.White, The Enviroments as Hazard, Second Edition, The Guilford Press, New York, 1993
- [4] 史培军, 中国自然灾害、减灾建设与可持续发展, 自然资源学报, 1995, 10 (3)
- [5] Blaike, P., T.Cannon, I.Davis and B.Wisner, At Risk: Natural Hazards, People's Vulnerability and Disasters, Routledge, London, 1994
- [6] 史培军、湖涛、王静爱等著, 内蒙古自然灾害系统研究, 北京, 海洋出版社, 1993
- [7] 王静爱、史培军, 论内蒙古农牧交错地带资源利用及区域发展战略, 地域研究与开发, 1988, (1)
- [8] 史培军, 中国北方农牧交错带的降水变化与“波动农牧业”, 干旱区资源与环境, 1989, (3)
- [9] 侯乐铭、史培军, 近百年来季风尾间区的动态变化及其预测, 干旱区资源与环境研究, 1992
- [10] 吴鸿宾等编著, 内蒙古自治区主要气象灾害分析 (1947-1987), 北京, 气象出版社, 1990
- [11] 郑景云, 自然灾害粮食损失的评估模型及我国粮食灾损量的估计, 中国农业气象, 1994, 15 (6), 7-10
- [12] 周游主编, 灾害防治手册, 西宁, 青海人民出版社, 1998

The Mechanism of the Influence of Land Use Change on the Agricultural Natural Disaster (I) Analysis by Using Statistical Data and Field Survey

Shi Peijun Su Yun Zhou Wuguang

(Open Research Laboratory of Environmental Change and Natural Disaster of Ministry of Education of China,
Institute of Resources Science, Beijing Normal University, Beijing 100875)

Abstract

Land use change influences deeply on not only the structure and type but also the level of the regional natural disaster. The paper takes Wulanchabu League of Inner Mongolia in China as an example, which is situated in the middle of northern farming-pastoral region and is affected deeply by natural hazard. Based on the statistical data and field survey, the mechanism that grain crop yield is increasing while the climate shows a fluctuation with drought tendency is presented. The main results show as follows.

- 1.The main influence of land use change on agricultural natural disaster is to change relatively the agricultural vulnerability for natural hazard.
- 2.The research on the example of Wu League shows that the increasing ability to fight disaster of the agricultural production displays chiefly the increasing of per unit area yield. But the grain yield is affected deeply by regional physical geography. To increase regional capability of disaster reduction is key strategy of ecological security construction.
- 3.In the semi-arid region, the increasing the cultivated area proportion of the drought-resistant and high-yield grain contributes to reducing the vulnerability of grain production system. The change of land use structure is an effective and feasible mitigation measure.

Key Words: Land use change Agricultural natural disaster
Wu League , Inner Mongolia of China