

黄河三角洲农牧业生产潜力*

许 学 工

(北京大学地理系)

提要 本文从对黄河三角洲的宜农地和宜牧地的分析入手,对该区农作物生产潜力、牧草及载畜量潜力进行了探讨。并针对目前农牧业生产水平和存在的问题,提出了相应的对策。

关键词 黄河三角洲 农牧业 生产潜力 载畜量潜力

黄河三角洲具有丰富的自然资源,其石油资源和土地资源尤为突出。在总面积约 5900 km² 的广阔土地上,主宜农地占 28.83%;主宜牧地占 34.44%;海洋滩涂主宜渔地占 27.98%。另外,该区属暖温带半湿润大陆性季风气候,光照充足、热量丰沛、雨热同期,有利于作物生长,加上广阔的草场和丰富的生物资源相配合,本区有条件建成较大的石油基地和农牧渔业基地。本文试图立足于黄河三角洲的宜农地和宜牧地,就其农牧业生产潜力进行探讨。

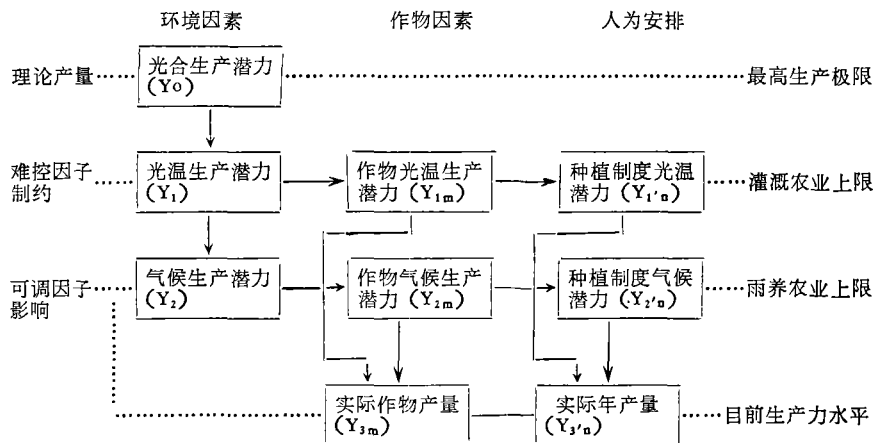


图 1 生产潜力分析框图

Fig. 1 Block diagram of the analyses of potential productivity

生产潜力的研究,要回答某一地区农牧业开发的终极目标(最高产量)是多少、目前的生产水平及怎样才能达到或逼近终极目标?而农业生产潜力是以作物产量为表现形式的,其作物摄取太阳能和 CO₂ 制造干物质,以至最终形成经济产量的高低,主要取决于作物本身的特性和对环境条件的适应性。如果把形成作物产量的作物-土地-气候系统按层

* 本文承蒙河南大学全石琳、李克煌教授指导,谨此致谢。

来稿日期:1990 年 3 月。

次一步步展开,可得到不同层次的潜力水平(图 1)。

初级生产力是绿色植物和资源环境系统整体功能的集中反映,又是有机体生命的能量和物质基础。因此,由牧草的生产潜力,可以进一步研究土地的载畜量潜力。本文拟循以上思路展开研究。

一、光合、光温、气候生产潜力

(一) 光合生产潜力 (Y_0)

光合生产潜力是单位时间、单位面积上,在空气中 CO_2 含量正常,其它环境因素均处于最佳状态时,具理想群体结构的高光效植物品种的最大干物质产量。它是理想条件下作物产量的上限,是一理论值,实际上只能作为温室生产的上限。其数学模型的一般形式为:

$$Y_0 = K \cdot A \int_{t_1}^{t_2} \frac{Q_p(t) \cdot F(t)}{C(1-B)(1-H)} dt \quad (1)$$

式中: Q_p ——光合有效辐射; F ——最大光能利用率(据计算,光合有效辐射利用率的最大理论值为 11.4%); C ——干物质的发热量; B ——植物含水率; H ——植物含灰分率; A ——经济系数; K ——单位换算系数。

根据黄河三角洲粮食作物的实际情况,将有关数据代入(1)式,利用气候统计的月平均值进行计算,可得该区的光合生产潜力:

$$Y_0 = \sum_{n=1}^{12} 2217.75 Q_p (\text{kg/ha} \cdot \text{a}) \quad (2)$$

(二) 光温生产潜力 (Y_1)

温度是影响光合作用的诸因子中最难以大范围控制的环境因子,对上述光合生产潜力进行温度订正,即得光温生产潜力。其可以作为大田作物产量上限的近似指标。

根据黄河三角洲区的作物情况,6—9月采用玉米、水稻为代表的喜温作物温度函数,其他月份采用以小麦为代表的喜凉作物温度函数,逐月计算累加,即得:

$$Y_1 = Y_0 f(T) = \sum_i Y_{0i} T_i \quad (3)$$

(三) 气候生产潜力 (Y_2)

气候生产潜力是指当系统中的土壤、作物群体结构等因素均处于最适状态下,作物充分利用自然的气候资源——光、温、降水所能够产生的有机质。其求得需对光温生产潜力进行降水订正。

水分对生产潜力的影响是复杂的,既是作物生长的环境因子,又是直接参与光合作用的原料。植物群体的需水量可用蒸发力(E_0)表示,而在无灌溉条件下,供水量可近似地用降水量(R)。由于黄河三角洲地势低平,作物易旱又易涝,故对于旱作物采用龙斯玉的降水订正函数^[1]。对于 E_0 ,本文采用程天文等根据禹城实验站大型自动供水蒸发器实测资料对伊凡诺夫公式建立的经验公式^[2]。由此可以根据气候资料求得降水订正函数(W_i),于是得出气候生产潜力公式:

$$Y_2 = Y_1 f(W) = \sum_i Y_{0i} T_i W_i \quad (4)$$

气候生产潜力可以作为旱作产量上限的近似指标。根据 30 年地面气候统计资料,采用不同水平的光能利用率计算出黄河三角洲四个站的光合、光温、气候生产潜力(表 1)。

表 1 黄河三角洲光合、光温、气候生产潜力(kg/ha·a)

Tab. 1 The potential productivities of photosynthesis, photosynthesis-temperature and climate in the Yellow River Delta (kg/ha·a)

站名	光合生产潜力 (Y_0)			光温生产潜力 (Y_1)			气候生产潜力 (Y_2)		
	$F=11.4\%$	$F=5\%$	$F=2\%$	$F=11.4\%$	$F=5\%$	$F=2\%$	$F=11.4\%$	$F=5\%$	$F=2\%$
湾湾沟	67620	30735	12300	41925	19065	7620	23250	10575	4230
垦利	68295	31050	12420	40935	18600	7440	20490	9315	3660
孤岛	68595	31170	12480	40485	19155	7365	20520	9330	3735
羊角沟	68880	31185	12480	42765	19440	7785	22140	10065	4035

二、农业生产潜力

(一) 作物及种植制度生产潜力

以上估算的生产潜力 Y_0 、 Y_1 、 Y_2 分别代表了不同层次的理论产量上限。实际上,在农业生产中要保持植物群体结构在各个阶段均能适宜是极其困难的。叶面积系数决定了植物群体的截光率,直接影响光温生产潜力的发挥,因此,必须进行叶面积订正。由于不同作物,以及同一种作物在不同生育期的最适叶面积系数不同,应该结合具体情况进行叶面积订正;另一方面,作物自身的生理特性属于难以控制的因素,故叶面积订正应在光温潜力这一步进行,经订正的作物光温生产潜力可以表示为:

$$Y_{1m} = Y_1 f(G) = \sum_i Y_{0i} T_i G_i \quad (5)$$

在此基础上,则有作物气候生产潜力:

$$Y_{2m} = \sum_i Y_{0i} T_i G_i W_i \quad (6)$$

黄河三角洲的主要作物有冬小麦、玉米、大豆、高粱、水稻和棉花等;主要种植制度有“小麦-玉米”一年二熟,“小麦-大豆-春玉米(高粱、杂粮)”二年三熟,个别还有“小麦-水稻”一年二熟等形式,以及各种作物一年一熟。根据作物的经济系数、三基点温度、生育期及最适叶面积系数,求出了每种作物的作物光温生产潜力和作物气候生产潜力;另外还求出了该区种植制度光温生产潜力 ($Y_{1'n}$) 和种植制度气候生产潜力 ($Y_{2'n}$) (见表 2)。

从表 2 可以看出,欲获取高产,必须有良好的水浇条件,否则减产很多。作物和种植制度光温生产潜力可作为该地区灌溉农业的产量上限,而气候生产潜力可作为雨养农业的产量上限,并以截光率总和最高,光能利用率最大,又较少受限的种植制度的光温生产潜力 $Y_{1'2}$ 作为本区可能达到的作物年产量上限。但实验表明,目前一般仅能达到相当于 5% 光合有效辐射利用率的产量。所以不同的光能利用率水平下的产量上限,可以作为

表 2 黄河三角洲主要作物和种植制度生产潜力(kg/ha·a)

Tab. 2 The potential productivities of main crops and planting institution in the Yellow River Delta (kg/ha·a)

作物及种植制度			光温生产潜力 ($Y_{1m}, Y_{1'n}$)			气候生产潜力 ($Y_{2m}, Y_{2'n}$)		
			$F=11.4\%$	$F=5\%$	$F=2\%$	$F=11.4\%$	$F=5\%$	$F=2\%$
作物 一年一熟	小麦 ($m=1$)		14312	6501	2603	5201	2372	949
	玉米	春玉米 ($m=2$)	18879	8587	3441	9344	4253	1692
		夏玉米 ($m=3$)	1046	5116	1918	7162	3257	1312
		套种玉米 ($m=4$)	11571	5268	2101	7257	3304	1328
	大豆 ($m=5$)		7262	3304	1325	4838	1802	727
	高粱 ($m=6$)		12621	5740	2299	7937	3620	1455
	水稻 ($m=7$)		33800	15377	6151	—	—	—
	棉花	皮棉 ($m=8$)	7156	3258	1309	4285	1945	775
		籽棉 ($m=9$)	18103	8237	3289	10814	4933	1976
种植制度	小麦-玉米一年二熟 ($n=1$)		24817	11282	4522	12363	5613	2261
	小麦-玉米套种一年二熟 ($n=2$)		25883	11769	4705	12458	5660	2277
	小麦-大豆-春玉米(杂粮)二年三熟 ($n=3$)		20219	9668	3684	9692	4205	1692
	小麦-水稻一年二熟 ($n=4$)		48111	21878	8754	—	—	—

土地农业利用的阶段目标。

(二) 生产潜力指数

上述计算的生产潜力都是在假定除光、温和降水以外的环境因素处于最佳状态之下,但实际并非如此。在农业生产中,起作用的除土地本身的自然特性外,还有人工投入的物质能量;不同的土地类型,其内部机制也不一样。故将其视为“灰箱”处理

本文引入生产潜力指数 (D) 的概念:

$$D = \frac{\text{光温潜力} - \text{实际产量}}{\text{光温潜力}} \times 100\% = \frac{Y_1 - \bar{Y}}{Y_1} \times 100\% \quad (7)$$

由上式可以看出, D 值越大,表明可挖掘的潜力越大,也说明供作物生长发育的外界条件的组合较差,土地的改造难度较大。

黄河三角洲的几种主要宜农地的生产潜力指数列于表 3。

根据表 3 可以对各种土地的潜力进行排序: $P_6 < G_2 < G_3 < G_1 < P_5 < P_4$ 。同时可以看出,黄河三角洲的同一种土地,种植棉花比种植粮食作物更易达到理想条件。

(三) 农业生产现状

黄河三角洲现有耕地 156360 ha¹⁾, 种植结构以粮棉为主, 粮田复种指数为 1.59, 属于二年三作为主的小麦-杂粮结构类型区。区内人均占地高于山东全省的平均水平, 但主要农作物的单产多低于全省平均水平。

1) 农业资源综合考察及开发利用研究课题组, 近代黄河三角洲农业资源综合考察报告, 1986。

表 3 各种宜农地的生产潜力指数

Tab. 3 The indexes of potential productivity of various lands suitable to agriculture

项目 \ 土地类型	G ₁	G ₂	G ₃	P ₄	P ₅	P ₆	备 注
平均粮食产量 (kg/ha)	1920	2700	2535	1860	1890	4830	取 $F = 2\%$ $Y_{1'2} = 4705$ $Y_{18} = 1309$ P_6 用 $Y_{17} = 6151$
$D = \frac{Y_{1'2} - \bar{Y}}{Y_{1'2}} (\%)$	59.2	42.6	46.1	60.5	59.8	21.5	
平均棉花产量 (kg/ha)	795	900	870	765	870	—	
$D = \frac{Y_{18} - \bar{Y}}{Y_{18}} (\%)$	39.3	31.2	33.5	41.6	33.5	—	

注: 表中 G₁——盐化潮土河滩高地; G₂——潮土河滩高地; G₃——决口扇形地; P₄——白茅-杂草盐化潮土斜平地; P₅——杂类草新淤潮土平地; P₆——幼年水稻土平地

根据生境和生产条件的地域差异,黄河三角洲农业用地可分为三个类型区: 黄河三角洲扇顶一带,土地质量和生产条件在区内较好,种植业以粮棉菜为主,但集约化程度较低;近海低平地区,土壤盐渍严重,缺乏灌溉条件,耕地多与荒草地相嵌分布,形成了开荒耕种-撂荒(自然养垦)-复耕-再撂荒的特点;以于洼为顶点的现代黄河三角洲,土壤初始生产力较高,附近农民的耕、弃随黄河尾闾的摆动和延伸而迁徙,形成了一种“游垦”方式。

该区并存着几种不同的土地管理体制: 有国营农场、油田职工和家属农场以及农民垦种等。

(四) 问题与对策

(1) 对于该区的粮食单产,从总体上看,通过增加复种指数、改良作物品种和提高光能利用率,农业生产潜力的发挥向好的方向发展;但从局部来看,也有倒退现象,如垦利县一些新淤潮土地,垦种 8 年,产量从 2250 kg/ha 下降到 750 kg/ha。由此可见,发挥土地的农业生产潜力,应主要依赖于种植制度的调整和土地质量的改良。

(2) 该区生态环境脆弱,发展种植业有不少限制因素。因此,一定要注意用地养地,要充分利用黄河水沙资源引黄放淤改土和灌溉,加强排灌水利工程配套,建立农田林网和工程防护体系,搞好农田基本建设。加强提高光能利用率方面的科学研究,不要盲目提高复种指数,以防导致地力衰竭。为增加土地肥力,应提倡“小麦-大豆-玉米(杂粮)”的二年三熟制,适当搭配一些一年二熟制和一年一熟制,搞一些豆科牧草的草田轮作,并调整和扩大植棉面积。

(3) 在扣除工矿、居民地、交通用地和农田林网系数后,本区耕地应控制在 125330 ha 以内。但由于历史上盲目开垦,现有耕地已超出宜耕地的 24.8%。因此应将非宜农地上的低产田退耕还草、还林、还渔。禁止以往那种盲目的掠夺式的垦荒。

(4) 必须改变以往那种广种薄收、粗放的耕作习惯,逐步实现种植集约化,提高单产,逐步达到农业生产的各级潜力水平。

三、畜牧业生产潜力

(一) 牧草潜力与载畜量潜力

畜牧业生产潜力包括牧草潜力和载畜量潜力两个方面。因为畜牧业生产是次级生产即动物性生产,在生态系统中,牧草是第一性生产者或生产者有机体;而牲畜是第二性生产者或消费者有机体。牧草是牲畜赖以生存的最主要的物质基础,畜牧业的经营规模和发展速度直接受牧草生产的数量和质量制约。

根据前述光温、光合、气候和作物生产潜力估算的原理,使用牧草的有关参数^{1)[3]},可以求出干草的光合生产潜力:

$$Y_{0c} = \sum_i 6120.30 Q_p \text{ (kg/ha} \cdot \text{a)} \quad (8)$$

并经温度、降水、叶面积订正,求出干草的年生产潜力。按干草和鲜草比值为 1:3.5 计,又可换算出鲜草的年生产潜力。

本文参考了目前黄河三角洲优良牧草的情况,选取苜蓿、草木樨的有关参数,求出牧草的生产潜力(表 4)。

表 4 黄河三角洲牧草生产潜力

Tab. 4 The potential productivity of forage grass in the Yellow River Delta (kg/ha · a)

	生产潜力类型	$F = 11.4\%$	$F = 5\%$	$F = 2\%$	$F = 1\%$
鲜 草	$Y_{1'c}$	374459	170216	68086	34043
	$Y_{2'c}$	197641	89832	35936	17976
干 草	$Y_{1'c}$	106986	48629	19458	9729
	$Y_{2'c}$	56473	25881	10277	5138

在此基础上可进行载畜量潜力的计算,即

草场载畜量 = 草场总的有效面积 / 每个牛单位全年需要有效放牧面积

根据每牛单位年需鲜草按 9490 kg, 或干草 2500 kg²⁾ 计,其他畜牧业品种均可换算为牛单位进行计算³⁾;可发展草场面积按 157180 ha 计;因草场多无管理和灌溉,故取草场 $F = 1\%$ 的鲜草气候生产潜力计算载畜量潜力,按平均年产鲜草 17976 kg/ha, 每牛单位需草场面积 0.53 ha 计,求得宜牧地的远景载畜量潜力为 296560 个牛单位。

另外,关于载畜量潜力的计算,还应包括宜农地的作物秸秆饲用载畜量。假设宜耕地中三分之二为“小麦-大豆-玉米”二年三熟制,三分之一为一年一熟制,按耕地 $F = 2\%$ 计算,可求出饲用作物秸秆的载畜量为 124450 个牛单位。

根据以上估算,该区的远景载畜量可达到 421010 个牛单位。这里还未考虑农区草田

1) 中国草原学会,第一届全国草原生态学术讨论会论文集,1984。

2) 山东省农业厅畜牧局,近代黄河三角洲草场资源调查报告,1986。

3) 牛单位换算:牛为 1,马骡为 0.8,驴为 0.7,山羊为 0.2,绵羊为 0.25。

轮作,农林隙地草场等问题。

(二) 草场及载畜量现状

根据黄河三角洲草场资源调查,各种类型草场面积及载畜量统计见表 5。

表 5 黄河三角洲草场类型面积及载畜量*

Tab. 5 The area and carrying capacity of pasture land types in the Yellow River Delta

草场类型	草场总面积 (ha)	草场可利用 面积 (ha)	草场质量	草场利用率 (%)	鲜草产量 (kg/ha)	每牛单位占可 利用草场面积 (ha)	理论载畜量 (牛单位: 个)	备注
芦苇草场	19517	7219	良	20~30	5021	1.89	3816	按每牛单位需鲜 草 9490 kg 计算。
白茅草场	9134	7295	中	45	2775	3.42	2133	
芦草草场	28015	25497	良	50	4745	2.00	12724	
獐茅草场	25923	17997	良	40	3195	2.97	6069	
盐生植被	66846	33619	劣	20	1257	7.55	4455	杂类草草场为农 林隙闲地。
杂类草草场	35723	26369	优	70	2478	3.83	6890	
人工草场	568	568	优	95	5423	1.75	325	
总计	185726	118564				3.26	36412	

* 据山东省农业厅畜牧局编,近代黄河三角洲草场资源调查报告,1986。

此外,该区农作物秸秆、茎蔓、秕壳等可用饲草约 1.5×10^8 kg 左右,可饲养 60000 个牛单位,加上草场载畜量 36412 个牛单位,全区粗饲料资源可载畜 96412 个牛单位。实际上,目前全区饲养牲畜可折合 82333 个牛单位,与理论载畜量相比,尚有 14079 个牛单位的潜力。

(三) 问题与对策

(1) 目前,该区大部分天然草地未被利用,尤其是偏远草场,因交通不便,缺乏淡水,利用率很低。应着手规划交通设施和平原水库,改善放牧条件;并抓紧修建防潮坝,防止海潮浸淹导致草场恶化。

(2) 草场虽然面积大,但产草量低、草质差。每牛单位平均需草场面积 3.26 ha,既使全部利用起来,载畜能力也只有 3.6 万余牛单位。必须改良天然草场和建设人工草场,否则,畜牧业要想取得突破性的发展是不可能的。

(3) 一方面广大草场利用率很低,另一方面近村草地又严重过牧。据调查,天然草场盐化、退化面积占草场总面积的 49.7%,因此一定要坚持以草定畜,严禁乱垦乱牧。

(4) 应大力提倡农区饲养。一则农作物秸秆和副产品可加工成较好的粗饲料,农区生产管理条件也好,发展小型集约化和家庭畜牧业,投资少、见效快、收益高;二则每牛单位可年产有机肥 7500 kg,可肥田养地,特别对低产田进行草田轮作,过腹还田是一举两得的事情。

目前黄河三角洲地区畜牧业产值仅占大农业总产值的 8.02%,这与宜牧地占土地的比重最大是极不相称的,禽畜产品远远满足不了油田市场需要。无论从土地资源开发还是从市场需要的角度,黄河三角洲都应成为国家重要的畜产品基地之一。如果能实现草场 $F = 1\%$,耕地 $F = 2\%$ 的远景潜力水平,则远景载畜量可为目前理论载畜量的 4.3 倍。随着草场的改良,将体现出明显的生态效益和经济效益。

四、结 语

(1) 黄河三角洲土地资源的农牧业生产潜力很大。从形成初始生产力的自然条件分析,本区宜农地的光温生产潜力,宜牧地的远景理论载畜量都有很高的极限潜力水平,而目前的实际生产力水平却很低,二者之间的差距即显示了可挖掘的潜力。以上研究证明:黄河三角洲是我国东部沿海地区一块后备资源丰厚的、不可忽视的宝地;同时也说明,对其开发整治具有相当大的难度。

(2) 从黄河三角洲的土地质量条件和草场质量现状考虑,提高农牧业生产力必须采取先易后难的步骤。在地域上,从条件较好的三角洲扇顶自内向外逐步推进。考虑目前各业产值比例及区内数十万油田职工、家属和近百万农业人口的现实,近期仍应把重点放在发展农业上,并以提高现有耕地的质量,增加集约化程度为主要途径,逐步提高农业生产潜力水平,为其他各业的发展打好基础。今后牧业可作为本区大农业的主导方向,但此项工作不能一蹴而就,只能逐步提高畜牧业在大农业结构中的比重。先以农区饲养为主,建立中、小型基地,然后狠抓改良天然草场,建设人工草场,逐步建立起黄河三角洲大型畜牧业基地。

(3) 黄河三角洲是胜利油田所在地,又是黄淮海平原的重要组成部分,加之其本身特有的生态环境,决定了其农牧业开发必须特别注意社会效益、生态效益和经济效益的有机统一。开发必须和治理保护相结合,使生态环境向着良性循环的方向发展。

随着人类对客观规律的认识不断加深,随着现代科学技术的不断进步,人类改造自然的能力也会不断提高,促使农牧业生产力分阶段地逐步逼近极限潜力水平是可能的。以上生产潜力的研究,可以为不同阶段农牧业发展规划目标的制定提供理论依据。

参 考 文 献

- [1] 龙斯玉,江苏省农业气候资源生产潜力及区划的研究,地理科学,5(3),1985。
- [2] 程天文等,农田蒸发与蒸发力的测定及其计算方法,地理集刊(2),科学出版社,1980。
- [3] 【美】H·里思,R·H·惠特克等,生物圈的第一性生产力,科学出版社,1985。

* * * *

作者简介 许学工,女,生于1950年5月。1982年毕业于山东师范大学地理系,1988年获河南大学地理系自然地理专业硕士学位,现为北京大学地理系自然地理专业博士研究生。代表作有“利用遥感图像推求泥质海岸滩涂低潮线的方法探讨”、“黄河三角洲土地资源开发对策的探讨”(合写)等。

THE POTENTIAL PRODUCTIVITY OF AGRICULTURE AND ANIMAL HUSBANDRY IN THE YELLOW RIVER DELTA

Xu Xuegong

(Department of Geography, Peking University)

Key words The Yellow River Delta; Agriculture and animal husbandry; Potential productivity; The potential productivity of carrying capacity

Abstract

This paper inquires into the potential productivity of agriculture and animal husbandry on the lands suitable to farming and animal husbandry in the Yellow River Delta.

In Studying agricultural potential productivity, this paper gets different potentiality levels by calculating the potential productivity of photosynthesis, photosynthesis-temperature, climate, crops and planting institution. The photosynthesis-temperature potential productivity of planting institution in Yellow River Delta (the upper limit of irrigated agriculture) is 4705 kg/ha.a ($F=2\%$), 11769 kg/ha.a ($F=5\%$), 25883 kg/ha.a ($F=11.4\%$). But in 1988, the average yield is only 4035 kg/ha. The relevant indexes of potential productivity (D) are 14%, 66%, 84% respectively.

In Studying potential productivity of animal husbandry, the future theoretical number of carrying capacity can reach 421010 ox units, according to the climatical potential productivity of forage grass ($F=1\%$, 17976 kg/ha.a) and the crop straw ($F=2\%$). But the present theoretical number of carrying capacity of pasture land and crop straw is 96400 ox units. In fact, 82300 ox unit have been raised with a potentiality of 14100 ox unit. The future theoretical number is 4.3 times as many as the present theoretical number of carrying capacity.

Comparing the region's standard of present productive force with the levels of the theoretical upper limit analysed above, we know that there are tremendous potential productivity, and also difficulty in exploitation and harnessing. On the basis of potentiality analysis, this paper points out the existing problems and the countermeasure to be taken. The research can provide theoretical basis for working out different stage objectives of developing planning of agriculture and animal husbandry.