

# 陕北长城沿线风沙区耕地产能核算研究

薄征<sup>1</sup>, 王军红<sup>1</sup>, 苏玉琴<sup>2\*</sup>, 魏润哲<sup>1</sup>

<sup>1</sup>陕西省国土整治中心, 陕西 西安

<sup>2</sup>长安大学土地工程学院, 陕西 西安

收稿日期: 2024年1月19日; 录用日期: 2024年2月23日; 发布日期: 2024年2月29日

## 摘要

为了科学合理测算耕地的粮食综合生产能力,保障国家粮食安全,在耕地自然质量和利用成果的基础上,以陕北长城沿线风沙区为例,通过调查样点指定作物粮食单产,采用回归模型法,分别建立指定作物标准粮理论单产和耕地自然质量等指数、可实现单产和利用等指数的线性回归函数模型,测算了理论、可实现和实际三个层次的单产、产能、利用强度、利用潜力,提出了陕北长城沿线风沙区提高农用地产能的措施和建议。

## 关键词

农用地分等, 产能核算, 陕北长城沿线风沙区

# Research on Arable Land Productivity Accounting in the Wind and Sand Area along the Northern Shaanxi Great Wall

Zheng Bo<sup>1</sup>, Junhon Wang<sup>1</sup>, Yuqin Su<sup>2\*</sup>, Runzhe Wei<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Shaanxi Provincial Land Consolidation and Rehabilitation Center, Xi'an Shaanxi

<sup>2</sup>School of Land Engineering, Chang'an University, Xi'an Shaanxi

Received: Jan. 19<sup>th</sup>, 2024; accepted: Feb. 23<sup>rd</sup>, 2024; published: Feb. 29<sup>th</sup>, 2024

## Abstract

In order to scientifically and reasonably assess the comprehensive production capacity of arable land, ensuring national food security, based on the results of natural quality and utilization of ara-

\*通讯作者。

文章引用: 薄征, 王军红, 苏玉琴, 魏润哲. 陕北长城沿线风沙区耕地产能核算研究[J]. 地理科学研究, 2024, 13(1): 70-80. DOI: 10.12677/gser.2024.131008

ble land, this paper takes the wind and sand area along the northern Shaanxi Great Wall as an example. Through investigating sample points and specifying crop grain yields, a regression model method is employed. Linear regression function models are separately established for the specified crop standard grain theoretical yield, arable land natural quality index, achievable yield, and utilization index. The calculations include theoretical, achievable, and actual levels of yield, capacity, utilization intensity, and utilization potential. Measures and suggestions for improving the agricultural land productivity in the wind and sand area along the northern Shaanxi Great Wall are proposed.

## Keywords

Classification of Agricultural Land, Productivity Accounting, Wind and Sand Area along the Northern Shaanxi Great Wall

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

自然资源资产核算是推动自然资源保护和生态文明建设的基础性工作[1]。2019年4月,中办、国办印发《关于统筹推进自然资源资产产权制度改革的指导意见》,提出“研究建立自然资源资产核算评价制度”,并进一步指出要“完善自然资源资产分等定级价格评估制度和资产审核制度”[2]。耕地资源作为自然资源资产的重要组成部分,其数量和质量的长期稳定,对于维护国家粮食安全、保护自然生态环境和统筹城乡发展有着其他资源无法替代的作用[3][4]。同时,耕地是粮源之基,在确保耕地面积稳定情况下,提高耕地产能是确保粮食安全的根本[5]。因此,研究耕地产能对于摸清粮食安全家底、制定针对性耕地保护政策,确保国家粮食安全具有重要意义[6]。国内外对于耕地产能核算的研究总体上可以分为以下3个阶段:土地自然生产力研究阶段、光温(气候)生产力研究阶段、耕地健康产能研究阶段。常用的耕地产能核算方法主要有趋势外推法、机制法、作物生长模拟法、经验法、Storie指数法、The Muencheberg Soil Quality Rating (M-SQR)法等[7]。

本文通过建立农用地分等单元标准粮理论单产模型与可实现单产模型,从而获得分等单元的理论单产及可实现单产,以此为基础核算区域理论产能与可实现产能[8]。以陕北长城沿线风沙区为例,基于农用地的自然质量等指数与利用等指数,建立产能核算模型[9],结合实际调查资料,通过GIS手段来分析研究指标区的理论、可实现和实际产能空间分布状况,并为该地区提高农用地产能提出相关建议,同时,本文构建的数学模型对其它地区的耕地产能核算也有一定的参考价值。

## 2. 研究方法

### 2.1. 理论产能

理论产能是在农业生产条件得到充分保证,光、热、水、土等环境因素均处于最优状态,技术因素所决定的农作物所能达到的最高产量[10]。主要研究思路:以指标区为研究对象,基于分等单元建立农用地标准粮理论单产与相应的农用地自然质量等指数的函数关系,再利用函数方程获取分等单元的农用地理论单产与理论产能。

### 2.1.1. 理论产能模型

以二级指标区为单位，建立指定作物理论单产样本值与样本地块相应的自然质量等指数的函数关系模型：

$$Y = aX_i + b \quad (1)$$

式(1)中  $Y_i$  为第  $i$  个单元标准粮理论单产样本值； $X_i$  为第  $i$  个分等单元自然质量等指数； $a$ 、 $b$  为回归系数值。

### 2.1.2. 理论单产与理论产能

依据  $a$  和  $b$ ，将该指标区内所有农用地分等单元的自然质量等指数代入公式(1)中获得各单元的年均标准粮理论单产( $Y_F$ )。

分等单元理论单产乘以分等单元耕地面积获得农用地分等单元理论产能。公式如下：

$$W_{Fi} = Y_{Fi} \times S_i \quad (2)$$

式(2)中  $W_{Fi}$  为第  $i$  个分等单元理论产能， $Y_{Fi}$  为第  $i$  个分等单元理论单产， $S_i$  为第  $i$  个分等单元耕地面积。

## 2.2. 可实现产能

可实现产能核算指在农业生产条件得到基本保证，光、热、水、土等环境因素均处于正常状态、技术条件可以满足，由政策、投入等因素决定的正常年景下农作物能够获得的最大产量[11]。主要研究思路：以指标区为研究对象，建立抽样单元的可实现单产与相应的农用地利用等指数的函数关系，再利用函数获取各分等单元的农用地可实现单产与可实现产能。

### 2.2.1. 可实现产能模型

以二级指标区为单位，建立指定作物可实现单产样本值与样本地块相应的自然利用等指数的函数关系模型：

$$Y_i = cX_i + d \quad (3)$$

式(3)中  $Y_i$  为第  $i$  个单元标准粮可实现单产样本值； $X_i$  为第  $i$  个分等单元利用量等指数； $c$ 、 $d$  为回归系数值。

### 2.2.2. 可实现单产与可实现产能

依据  $c$  和  $d$ ，将该指标区内所有农用地分等单元的利用等指数代入公式(3)中获得各单元的年均标准粮可实现单产( $Y_F$ )。

分等单元理论单产乘以分等单元耕地面积获得农用地分等单元可实现产能。公式如下：

$$W_{Fi} = Y_{Fi} \times S_i \quad (4)$$

式(4)中  $W_{Fi}$  为第  $i$  个分等单元可实现产能， $Y_{Fi}$  为第  $i$  个分等单元可实现单产， $S_i$  为第  $i$  个分等单元耕地面积。

## 2.3. 实际产能

根据 2006~2008 年各县(区)统计年鉴和农业统计年报等资料，将各县(区)乡(镇)级的指定作物单位面积产量视作乡(镇)指定作物的实际单产；然后通过标准粮换算系数获得标准粮实际单产；最后基于实际耕作制度核算实际产能。

## 2.4. 利用强度与利用潜力

理论利用强度等于可实现单产与理论单产的比值，可实现利用强度等于实际单产与可实现单产的比值；理论利用潜力等于理论单产与可实现单产的差值，可实现利用潜力等于可实现单产与实际单产的差值。

### 3. 研究区模型的建立

#### 3.1. 研究区概况

陕北长城沿线风沙区主要包括府谷县、神木县、榆阳区、横山县、靖边县和定边县，总土地面积 33716.41 平方公里，占全省土地总面积的 16.38%。本区域地貌类型主要是由沙丘、河谷、湖盆滩地及盖沙黄土丘陵组成的，属温带半干旱大陆性季风气候，具有寒冷与半干旱的特征。陕北长城沿线风沙区耕作制度为一年一熟，指定作物为春玉米和马铃薯，共确定了 72 个理论样点，670 个可实现样点。

#### 3.2. 理论产能模型的建立

根据本指标区的耕作制度，分别建立春玉米和马铃薯的自然质量等指数和标准粮产量之间的关系模型，模型如下：

##### 3.2.1. 春玉米理论产能模型

以春玉米调查样点的理论单产为纵轴，其各自对应的自然质量等指数为横轴，建立线性回归模型。如图 1 所示。

$$y = 4.2501x + 3108.0 \quad (R^2 = 0.6056) \quad (5)$$

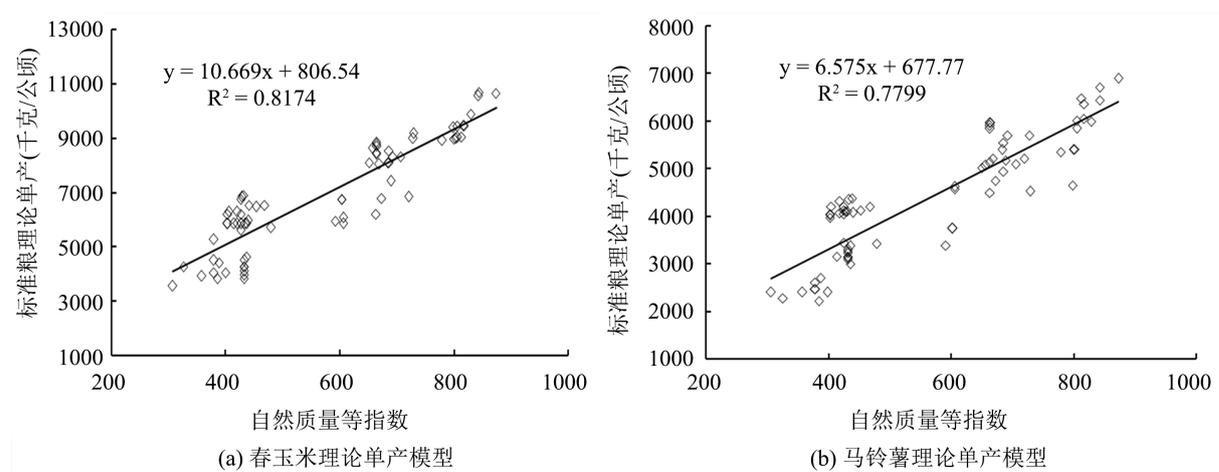
式中：y 为理论单产；x 为自然质量等指数。

##### 3.2.2. 马铃薯理论产能模型

以马铃薯调查样点理论单产为纵轴，其各自对应的自然质量等指数为横轴，建立线性回归模型。

$$y = 6.575x + 677.77 \quad (R^2 = 0.7799) \quad (6)$$

式中：y 为理论单产；x 为自然质量等指数。



**Figure 1.** Specify the relationship between the theoretical yield of the standard grain of the crop and the index of natural quality

**图 1.** 指定作物标准粮理论单产与自然质量等指数的关系

#### 3.3. 可实现产能模型的建立

根据本指标区的耕作制度，分别建立春玉米和马铃薯的利用等指数和标准粮产量之间的关系模型，模型如下：

### 3.3.1. 春玉米可实现产能模型

以春玉米调查样点可实现单产为纵轴，其各自对应的利用等指数为横轴，建立线性回归模型。

$$y = 4.2501x + 3108.0 \quad (R^2 = 0.6056) \quad (7)$$

式中：y——可实现单产；x——利用等指数。

### 3.3.2. 马铃薯可实现产能模型

以马铃薯调查样点可实现单产为纵轴，其各自对应的利用等指数为横轴，建立线性回归模型。如图2所示。

$$y = 4.4667x + 1333.3 \quad (R^2 = 0.6269) \quad (8)$$

式中：y——可实现单产；x——利用等指数。

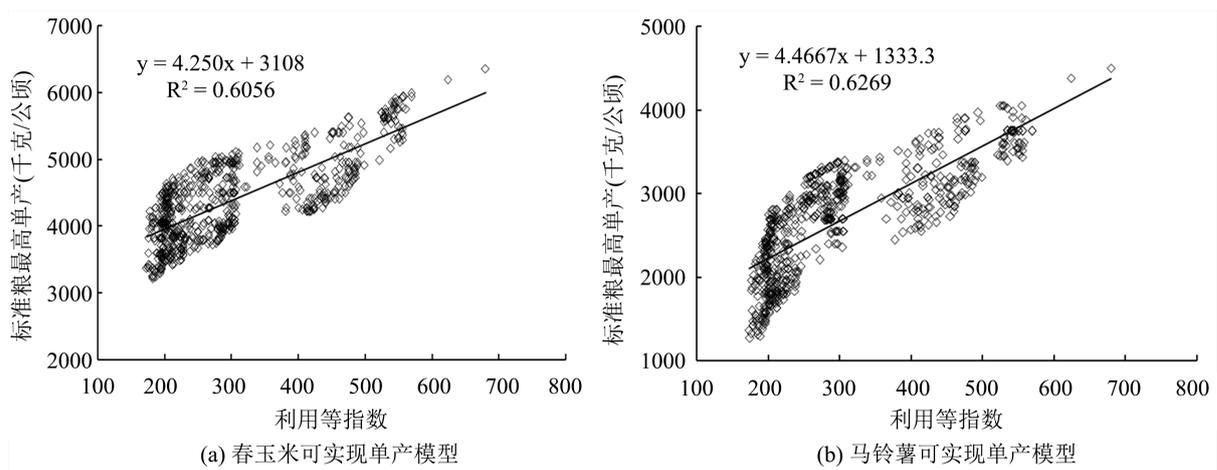


Figure 2. The relationship between yield and utilization index can be realized by specifying crop standard grains  
图2. 指定作物标准粮可实现单产与利用等指数的关系

### 3.4. 标准粮单产核算

通过产能核算模型计算获得春玉米与马铃薯各分等单元的单产；再分别将两种作物的单产乘以标准粮转换系数，得到分等单元分作物标准粮理论单产；考虑到该县属陕北长城沿线风沙区，春玉米与马铃薯的种植制度为一年一熟，再将玉米与马铃薯的标准粮理论单产取平均值作为单元标准粮理论单产。

$$y_i'' = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^2 y_{ij} \quad (9)$$

其中： $y_i''$  为第  $i$  个分等单元的标准粮理论单产； $y_{ij}$  为第  $i$  个单元第  $j$  种作物标准粮理论单产。

### 3.5. 模型检验

对本指标区理论单产模型和可实现单产模型进行显著性检验，第一自由度  $f_1 = 1$ ，第二自由度  $f_2 =$  样本数-2，F 检验结果见表1。

$df$  为自由度， $SS$  为平方和， $MS$  为均方，查 F 表得  $F_{0.05}(1, \infty) = 6.63$ ，由表1可知，以上模型检验结果中的  $F$  值  $> F_{0.05}(1, \infty) > F_{0.05}(1, f_2)$ ，由此可得该标准粮产量与分等指数之间有极显著的线性相关，其置信度均在 95% 以上。

**Table 1.** Linear regression analysis F-test  
**表 1.** 线性回归分析 F 检验

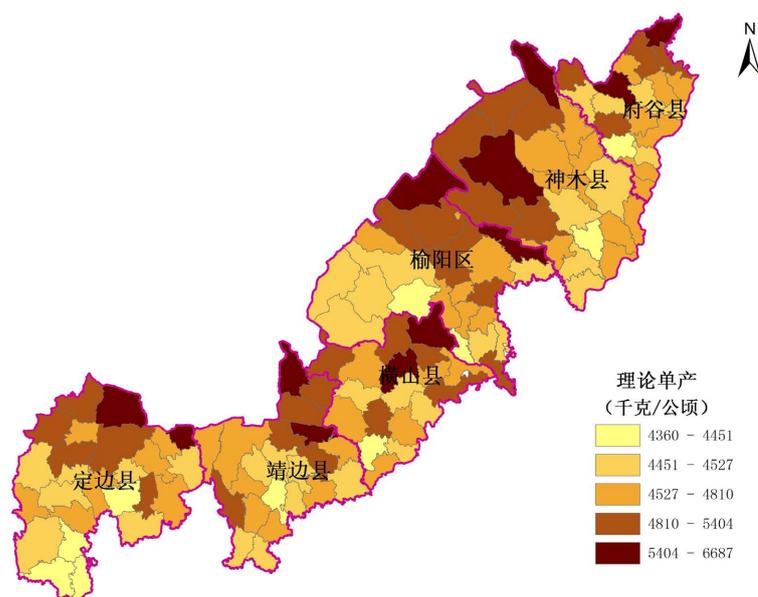
名称	作物名称		df	SS	MS	F <sub>0.05</sub>	Sig.
理论产能模型	春玉米	回归分析	1	224821218	22482121	317.748	0.000 <sup>a</sup>
		残差	71	50235785.8	707546.3		
		总计	72	275057004			
	马铃薯	回归分析	1	85381166.5	85381166.5	251.611	0.000 <sup>a</sup>
		残差	71	24093036	339338.539		
		总计	72	109474202.8			
可实现产能模型	春玉米	回归分析	1	159118058.58	159118058.58	1027.35	0.000 <sup>a</sup>
		残差	669	103615520.00	154881.19		
		总计	670	103615520.00			
	马铃薯	回归分析	1	175765070.29	175765070.29	156300.08	0.000 <sup>a</sup>
		残差	669	104564757.10	156300.08		
		总计	670	104564757.10			

## 4. 结果分析

### 4.1. 农用地单产分析

#### 4.1.1. 理论单产分析

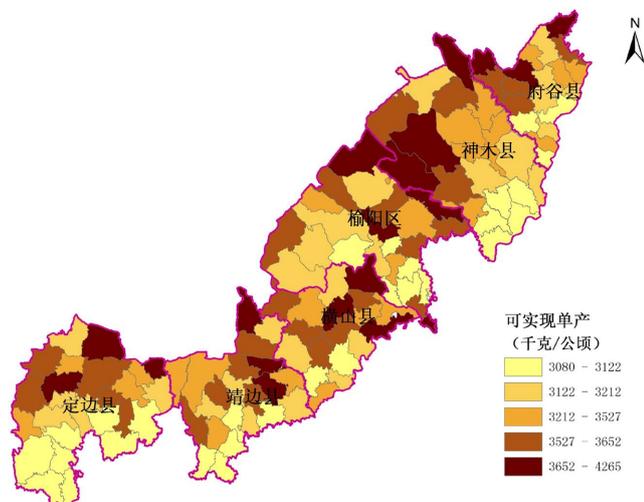
陕北长城沿线风沙区的理论单产最大值为 6687 千克/公顷，最小值为 4360 千克/公顷，理论单产分布如图 3。陕北长城沿线风沙区理论单产分布图如图 3 所示。从空间分布来看，陕北长城沿线风沙区地貌特征是理论单产呈现北高南低的趋势。从县域来看，各个县理论单产高的区域主要分布于地势平坦的川道以及沿河两岸的河谷阶地上。



**Figure 3.** Theoretical yield distribution map of aeolian sand areas along the Great Wall of northern Shaanxi  
**图 3.** 陕北长城沿线风沙区理论单产分布图

#### 4.1.2. 可实现单产分析

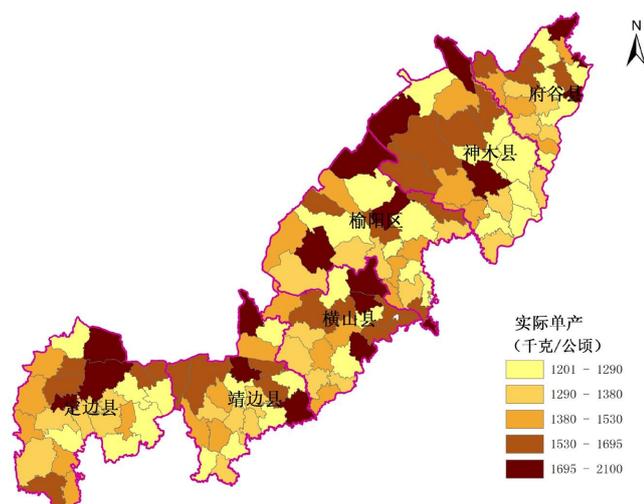
陕北长城沿线风沙区的可实现单产最大值为 4265 千克/公顷，最小值为 3080 千克/公顷，可实现单产分布如图 4 所示。从空间分布来看，可实现单产空间分布与理论单产分布一致，呈现北高南低的趋势。从县域来看，各个县的可实现单产高的区域主要分布于交通便利，农业设施较为齐全的地区，极大的调动了农民的生产积极性，因此土地的利用情况比较充分，产量稳定。



**Figure 4.** Distribution map of achievable yields in aeolian sand areas along the Great Wall of northern Shaanxi  
**图 4.** 陕北长城沿线风沙区可实现单产分布图

#### 4.1.3. 实际单产分析

陕北长城沿线风沙区的实际单产最大值为 2100 千克/公顷，最小值为 1201 千克/公顷。从空间分布来看，实际单产与理论单产、可实现单产空间分布基本一致，但空间分布趋于零碎。从县域分布来看，与县内各乡镇的微地形地貌、气候、土壤、灌溉、农业投入、社会经济发展状况等有关，从图 5 可以看出，指标区内各乡镇实际单产分布不均，整体上看北部比南部偏高。



**Figure 5.** Actual yield distribution map of aeolian sand areas along the Great Wall of northern Shaanxi  
**图 5.** 陕北长城沿线风沙区实际单产分布图

## 4.2. 农用地产能分析

通过产能核算模型计算, 从而获得农用地的单产和产能, 结果如表 2 所示。

**Table 2.** Yield and production capacity results of wind-blown sand areas along the Great Wall of northern Shaanxi (Unit: hectares, ten thousand tons, kg/hectare)

**表 2.** 陕北长城沿线风沙区的单产与产能结果表(单位: 公顷、万吨、千克/公顷)

县(区)	耕地面积	理论产能	理论单产	可实现产能	可实现单产	实际产能	实际单产
定边县	189468.43	83.41	4402.38	60.28	3181.29	27.09	1429.85
靖边县	97716.67	47.01	4811.31	34.22	3502.18	14.99	1533.63
榆阳区	75542.75	37.49	4962.40	27.97	3702.71	11.95	1581.59
府谷县	67839.23	29.39	4332.69	22.26	3281.16	9.73	1434.20
横山县	106806.96	48.44	4534.92	35.89	3360.20	15.68	1467.83
神木县	105880.95	49.58	4683.08	34.99	3304.97	14.83	1400.76
合计	643254.99	295.33	4591.13	215.61	3351.87	94.26	1465.41

陕北长城沿线风沙区的理论产能为 295.33 万吨, 可实现产能为 215.61 万吨, 实际产能为 94.26 万吨。六个县区的理论产能在 29.39~83.41 万吨之间, 可实现产能在 22.26~60.28 万吨之间, 实际产能在 9.73~27.09 万吨之间。实际产能与可实现产能之间差值大于理论产能与可实现产能之间的差值, 表明实际人为因素和基础设施完善情况是对农用地产能影响很大。

## 4.3. 利用强度与利用潜力分析

### 4.3.1. 利用强度与利用潜力分析

从表 3 可知, 陕北长城沿线风沙区的理论利用强度 0.73, 可实现利用强度 0.44。本区的理论强度在 0.71~0.76 之间, 可实现强度在 0.42~0.45 之间。从六个县区的利用强度表明以下趋势: 耕地紧张、交通顺畅、区位优势、土地肥沃、水资源丰富等自然、社会经济条件优越的区域, 农用地理论产能利用强度偏高, 反之偏低。因此, 各县区应重视农业生产, 加大农业基础设施建设, 提高粮食综合生产能力。

**Table 3.** Utilization intensity and utilization potential of aeolian sand area along the Great Wall of northern Shaanxi (Unit: hectares, kg/hectare)

**表 3.** 陕北长城沿线风沙区利用强度与利用潜力表(单位: 公顷、千克/公顷)

县(区)	耕地面积	利用强度		利用潜力	
		理论强度	可实现强度	理论潜力	可实现潜力
定边县	189468.43	0.72	0.45	1221.08	1751.44
靖边县	97716.67	0.73	0.44	1309.13	1968.55
榆阳区	75542.75	0.75	0.43	1259.69	2121.12
府谷县	67839.23	0.76	0.44	1051.53	1846.96
横山县	106806.96	0.74	0.44	1174.72	1892.37
神木县	105880.95	0.71	0.42	1378.11	1904.20
合计	643254.99	0.73	0.44	1239.26	1886.46

陕北长城沿线风沙区的理论利用潜力 1239.26 千克/公顷, 可实现利用潜力为 1886.46 千克/公顷; 六个县区的理论利用潜力在 1051.53~1378.11 千克/公顷之间, 可实现利用潜力在 1751.44~2121.12 千克/公顷

之间。农用地理论产能潜力纵向地反映可实现产能的提升程度，农用地可实现产能潜力表明指标区的农业发展不均衡。

#### 4.3.2. 利用强度与利用潜力相关分析

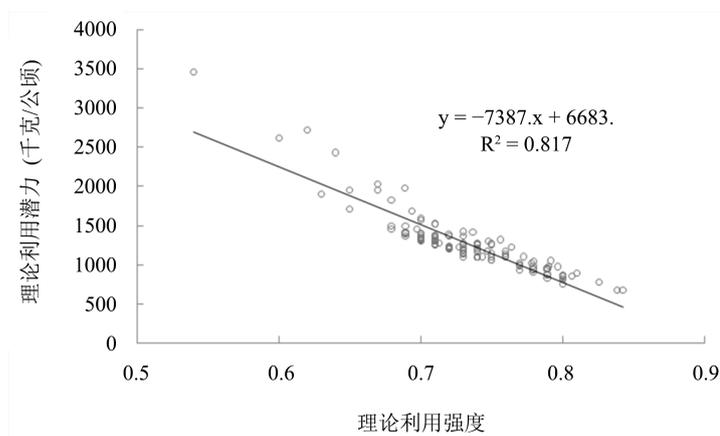
根据利用强度和利用潜力的定义，可知利用强度和利用潜力呈现负相关，说明土地利用强度越高，其利用潜力越小，土地利用强度越小，其利用潜力越大。为了进一步分析农用地利用强度和利用潜力相互影响关系，计算公式为如下：

$$y = -7387x + 6683 \quad (R^2 = 0.817) \quad (10)$$

式中：y 为评价区域理论产能利用潜力；x 为评价区域理论产能利用强度。

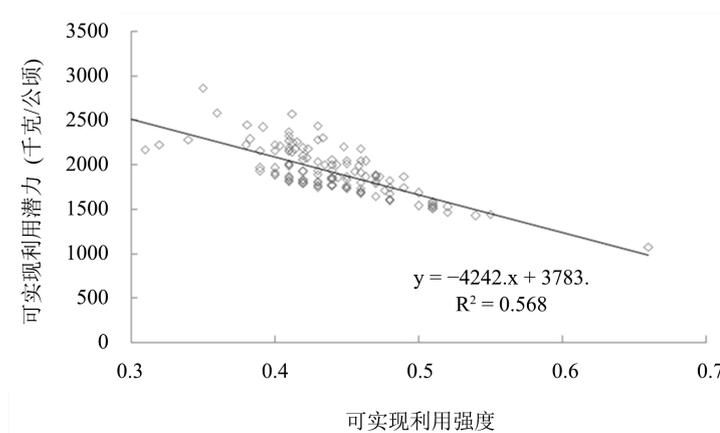
$$y = -4242x + 3783 \quad (R^2 = 0.568) \quad (11)$$

式中：y 为评价区域可实现产能利用潜力；x 为评价区域可实现产能利用强度。



**Figure 6.** Correlation between theoretical capacity utilization intensity and utilization potential

**图 6.** 理论产能利用强度与利用潜力相关关系



**Figure 7.** The correlation between capacity utilization intensity and utilization potential can be realized

**图 7.** 可实现产能利用强度和利用潜力相关关系

如图 6、图 7，从计算模型可以看出，理论产能利用强度每提高 1 个百分点，理论产能利用潜力可以

挖掘 73.87 千克/公顷；可实现产能利用强度每提高 1 个百分点，可实现产能利用潜力可以挖掘 42.42 千克/公顷。

## 5. 结论与建议

### 5.1. 结论

(1) 从空间分布来看，陕北长城沿线风沙区理论单产呈现北高南低的趋势。可实现单产最大值为 4265 千克/公顷，最小值为 3080 千克/公顷。可实现单产空间分布与理论单产分布一致，呈现北高南低的趋势；实际单产最大值为 2100 千克/公顷，最小值为 1201 千克/公顷。实际单产与理论单产、可实现单产空间分布基本一致，但空间分布趋于零碎。

(2) 陕北长城沿线风沙区的理论利用强度 0.73，可实现利用强度 0.44。本区的理论强度在 0.71~0.76 之间，可实现强度在 0.42~0.45 之间。

(3) 陕北长城沿线风沙区的理论利用潜力为 1239.26 千克/公顷，可实现利用潜力为 1886.46 千克/公顷。且利用强度和利用潜力呈现负相关，说明土地利用强度越高，其利用潜力越小，土地利用强度越小，其利用潜力越大，从计算模型可以看出，理论产能利用强度每提高 1 个百分点，理论产能利用潜力可以挖掘 73.87 千克/公顷。

### 5.2. 建议

#### 5.2.1. 严格控制耕地减少趋势，保护基本农田不受侵占

坚决贯彻执行《中华人民共和国土地管理法》，严禁一切形式的非法占用耕地特别是基本农田，合理规划乡、村建设，遏制土地撂荒现象，制止耕地非农化、耕地非粮化，认真落实国家对农业的各项扶持政策，加大对农业基础设施的投入，加强农田水利基本建设，不断提高耕地质量和粮食产能。

#### 5.2.2. 有效控制农资价格

参照“三补贴”的成功做法，实行“第四补贴”即农资补贴，让农民得到更多的实惠，让国家的“惠农”政策不折不扣得到充分贯彻。

#### 5.2.3. 加强对农民的技术培训

按照科学方法耕种管理。农业技术部门应经常送技术下乡，积极引导农民采用良种良法，科学种田，合理配量农资，避免盲目使用化肥、种子、农药；大力推行精耕细作，努力实现农业生产经营由粗放化向精细化的转变，以达到最低的投入成本取得最大的经济效益。

#### 5.2.4. 力争耕地占补平衡，确保粮食生产安全

由于该区土地利用较差，净耕地系数小，耕地质量差，但未利用土地面积较大有待今后开发整理。耕地增加主要靠未利用地开发、农用地和建设用地整理、工矿废弃地复垦等来实现，今后应加大土地整治力度，以此来实现本区的耕地占补平衡。

## 基金项目

第三次全国国土调查陕西省耕地资源质量分类调查与评价(211535230406)；

陕西省园地林地定级与基准地价研究(211535230407)。

## 参考文献

- [1] 钟骁勇, 李洪义. 耕地资源价值核算方法研究综述[J]. 中国国土资源经济, 2020, 33(9): 41-47.

- 
- [2] 钟骁勇, 李洪义, 郭冬艳. 基于产能理论的耕地资源资产经济价值核算路径探讨——以江西省为例[J]. 中国土地科学, 2022, 36(1): 88-96.
- [3] 吴心怡, 金晓斌, 韩博, 等. 2001-2017 年四川省耕地产能变化与潜力特征分析[J]. 农业工程学报, 2021, 37(3): 238-249.
- [4] 牛善栋, 方斌. 中国耕地保护制度 70 年: 历史嬗变、现实 探源及路径优化[J]. 中国土地科学, 2019, 33(10): 1-12.
- [5] 吴宇哲, 孙小峰. 改革开放 40 周年中国土地政策回溯与展望: 城市化的视角[J]. 中国土地科学, 2018, 32(7): 7-14.
- [6] 宋戈, 邹朝晖, 王越. 东北粮食主产区县域耕地产能核算及其影响因子分析[J]. 农业工程学报, 2014, 30(24): 308-317.
- [7] 赵俊芳, 孔祥娜, 姜月清, 等. 基于高时空分辨率的气候变化对全球主要农区气候生产潜力的影响评估[J]. 生态环境学报, 2019, 28(1): 1-6.
- [8] 苏强, 张蕾娜, 赵玉领. 基于农用地分等成果的产能核算研究[J]. 资源与产业, 2008, 10(5): 89-91.
- [9] 郦文聚, 王洪波, 王国强, 等. 基于农用地分等与农业统计的产能核算研究[J]. 中国土地科学, 2007, 21(4): 32-37.
- [10] 郭文栋, 刘国斌, 袁红梅. 浅析农用地产能核算成果在耕地占补平衡中的应用[J]. 国土与自然资源研究, 2010, 34(4): 34-35
- [11] 陈印军, 肖碧林, 陈京香. 我国耕地“占补平衡”与土地开发整理效果分析与建议[J]. 中国农业资源与区划, 2010, 31(6): 17-18.