

基于 GIS 的中国玉米秸秆纤维生产潜力研究

张敏,陈伟强

(河南农业大学资源与环境学院,郑州 450002)

摘要:为了进一步分析中国以玉米秸秆纤维素为原料生产生物燃料乙醇的潜力,利用 GIS 建立了中国玉米生产的空间数据库和属性数据库,运用机制法对玉米生长期所需有效光合辐射进行光、温、水、土逐级递减修正后,计算得出玉米的生产潜力,根据一定的谷草比折算出玉米的秸秆生产潜力,以 2007 年中国各省玉米种植面积最终得出中国玉米秸秆纤维的潜力产量。结果表明:中国玉米秸秆纤维生产潜力在 2448~14080kg/hm² 之间。此研究为将来可用于生物燃料乙醇生产的纤维素资源的研究提供了基础。

关键词:GIS; 中国; 玉米秸秆; 纤维; 生产潜力

中图分类号:S216.2 **文献标识码:**B

Analysis of Corn Straw Fiber Potential Productivity in China Based on GIS

Zhang Min, Chen Weiqiang

(College of Resources & Environment, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002)

Abstract: To further analysis the potential production of biological fuel ethanol use the cellulose in corn stalks as raw materials. The author based on crop potential production on the basis of using GIS to establish corn production of spatial database and attributes database. Through the corn growing period required for effective light and radiation light, temperature, water, soil amendments step by step, calculated corn potential production, according to a biomass energy convert coefficient then converted to corn potential production, Multiplied by the 2007 provinces in China Corn planting area reached the final potential output of straw fiber. The results show that the corn straw fiber potential outputs in China were in 2448~14080kg/hm². This research can be used for bio-fuel ethanol production of cellulose resources for the study in future.

Key words: GIS, China, corn straw, fiber, potential productivity

农作物秸秆是粮食作物和经济作物生产中的副产物,其中含有丰富的氮、磷、钾、微量元素等成分,是一种可供开发与综合利用的资源^[1]。随着世界经济的发展,人类对能源的需求量日益剧增,全球的能源危机以及应用石化燃料所带来的环境污染问题,使世界各国越来越重视可再生能源的开发与利用研究^[2]。秸秆作为重要的生物质能源是发展世界经济,保护和改善环境的重要物质基础。将秸秆资源化也是对秸秆资源综合利用最为合理的一种方法^[3]。中国是农业大国,也是秸秆资源最为丰富的国家之一,年生产 7 亿多吨秸秆,秸秆产量也随着农作物产量的提高而增加^[4]。玉

米秸秆作为一种重要的农作物秸秆越来越多的受到人们关注,以往计算结果是根据玉米的现实产量乘以谷草比所得出的,不是玉米秸秆的潜在产量。笔者在前人研究的基础上,运用机制法^[5-9]对玉米生长期所需要的有效光和辐射进行光温水土逐级修正,最终得到玉米的潜在产量,然后再根据谷草比得出其秸秆潜在产量,并最终获得玉米秸秆纤维的潜在产量。研究结果也为进一步的生物燃料乙醇潜力分析提供依据,玉米秸秆纤维作为新能源有效转化为生产燃料酒精,这为中国解决能源危机和减少污染等一系列问题具有十分重要的研究意义。

基金项目: 国家自然科学基金“中国未来以纤维素为原料生产生物燃料乙醇的生产潜力分析”(70741032)。

第一作者简介: 张敏,女,1985 年出生,河南新乡人,硕士生,研究方向土地资源与评价。

通讯作者: 陈伟强,男,1975 年出生,河南安阳人,博士,讲师。通信地址:450002 河南省郑州市文化路 95 号河南农业大学资源与环境学院。

E-mail: chwqgis@163.com。

收稿日期:2008-09-05,修回日期:2008-09-18。

1 潜力计算方法

1.1 数据库的建立

对中国玉米的分布区域、面积以及最高、最低、平均产量等进行调查、数据收集,根据玉米生产潜力研究需要,应用 GIS 和 DBMS 建立“中国玉米生产数据库”,包括空间数据库(省市行政区划和土壤类型、地形等高线)和属性数据库(气候数据库、土壤数据库、农业统计数据库)。

1.2 数据处理

对上述数据库依次进行“空间数据与属性数据匹配连接”,“空间数据叠加”,“属性数据插值”,最终获得以省市行政区划为单位的“空间·属性一体化数据库”,包括空间数据库(省市行政区划、土壤类型、地形等高线)和属性数据库(气候数据库、土壤数据库、农业统计数据库)。

1.3 潜力计算

潜力计算以各省市“空间·属性一体化数据库”为基础,按照“光、温、水、土”逐级递减的过程,计算玉米的生产潜力。然后根据一定的谷草比,计算秸秆潜在产量,最终折算出玉米秸秆纤维的潜在产量。

2 玉米秸秆生产潜力的计算

2.1 资料收集

2.1.1 笔者所需数据主要包括太阳辐射、日照时数、气温、降水、蒸散量以及土壤肥力等级等数据,气象数据均来自中国气象局 1971—2000 年的平均数据。

2.1.2 土壤肥力等级等数据来自中科院自然资源数据库。

2.2 玉米秸秆生产潜力计算模型及参数

2.2.1 光合生产潜力 光合生产潜力是指温度、水分、土壤无力状况、养分、栽培管理等其他条件保持最佳状态时,由太阳辐射所决定的作物产量^[10]。笔者采用邓根云的模型^[11]来计算玉米的光合生产潜力,详见式(1)。

$$Y_p = \frac{10^8}{C \cdot 10^3} \cdot F \cdot E \cdot Q \dots\dots\dots (1)$$

(1)式中:C 为能量转换系数,取 4.2kJ/g;F 为光能利用率,根据近、中、远期目标分别取 2%、3%和 4%,笔者在计算过程中光能利用率取最大值 4%;E 为作物经济系数(玉米取 0.35);Q 为作物生育期太阳总辐射能(kJ/cm²)。

2.2.2 光温生产潜力 光温生产潜力的计算在光和生产潜力的基础上,根据温度订正系数 f(T)进行计算。可由下式来表示:

$$Y_t = Y_p \cdot f(T) \dots\dots\dots (2)$$

玉米是喜温作物,其光温生产潜力模型采取普遍

为大家所接受的 Ceellho 和 Dele 对喜温作物做出的分段函数,详见式(3)

$$f(T) = \begin{cases} 0.027T - 0.162 & 6 \leq T \leq 21 \\ 0.086T - 1.410 & 21 < T < 28 \\ 1.00 & 28 \leq T \leq 32 \dots (3) \\ -0.83T + 3.67 & 32 \leq T < 44 \\ 0 & T < 6 \text{ 或 } T \geq 44 \end{cases}$$

(3)式中:f(T)为温度修正系数;T 为全育期平均日温。

2.2.3 气候生产潜力 当作物不受养分限制时,由光、温、水共同决定的生产力,称为气候生产潜力。气候生产潜力同时受光、温、水 3 个气候条件制约,因此可由光温生产潜力乘以水分影响系数 f(W)来表示:

$$Y_w = Y_t \cdot f(W) \dots\dots\dots (4)$$

(4)式中:f(W)为水分影响系数,作物水分状况取决于供水量与需水量的对比关系,而农田需水量取决于蒸发量大小,供水量可近似地等于降水量。对于旱地,笔者选择侯光良的水分影响系数公式:

$$f(W) = \begin{cases} \frac{(1-C) \cdot R}{ET_m} & 0 < (1-C) \cdot R < ET_m \dots\dots (5) \\ 1 & (1-C) \cdot R \geq ET_m \end{cases}$$

(5)式中:R 为降水量;C 为降水的下渗系数,取 0.2;ET_m 为土壤水分供给充足条件下的最大蒸散量。

2.2.4 土地生产潜力 在未考虑农作物品种、栽培技术、病虫害及田间收获损耗等因素的影响时,由光、温、水、土所决定的作物生产力,称为土地生产潜力。它以作物的气候生产潜力为基础,可用公式(6)计算:

$$Y_s = Y_w \cdot f(S) \dots\dots\dots (6)$$

(6)式中:f(S)为土壤订正系数,它是根据各个省市土地适宜性评价结果^[2]及土壤学专家的经验来制定的,一、二、三等地分别取 f(S) 1.0、0.7、0.5^[5]。各省市的 f(S) 根据各省市一、二、三等耕地占总耕地面积的比例乘以各等地相应订正系数求和获得。

2.2.5 农业技术及产量修订 农作物生产潜力考虑农作物品种、栽培技术、病虫害及田间收获损耗等因素的影响,在土地生产潜力的基础上,对作物生产潜力进行农业技术及收获产量的订正。农业技术订正系数 f(A) 取 90%,收获产量订正系数 f(H) 取 94%^[5],根据以下公式即可估算出各地区主要农作物的生产潜力。

$$Y = Y_s \cdot f(A) \cdot f(H) \dots\dots\dots (7)$$

式(7)中:f(A)为农业技术修订系数,f(H)为农业产量修订系数。

2.2.6 玉米秸秆生产潜力估算 通过以上计算得出玉米的生产潜力,乘以玉米谷草比 1.2^[12]折算出玉米的秸秆

生产潜力。再根据 2007 年底玉米种植面积可计算得出玉米的秸秆生产潜力总量。

2.2.7 玉米秸秆纤维生产潜力估算 农作物秸秆由纤维素、半纤维素和木质素等高聚物组成,纤维素大约占干重的 45%;半纤维素占干重的 30%,木质素占干重的 25%^[13]。玉米秸秆纤维素按 70%的含量,则可根据秸秆生产潜力推算出玉米秸秆纤维的潜在产量。

3 结果与分析

中国的玉米种植面积有 4 亿亩左右^[13]。分布在约 24 个省、市、自治区。其中黑龙江、吉林、辽宁、河北、山

东、山西、河南、陕西、四川、贵州、云南、广西等是主省、区。东北是中国玉米的主产区,其中吉林省是中国玉米的第一大玉米主产省,其次是山东省和黑龙江省。根据以上计算流程,得出各省玉米生产潜力,并根据计算数据(如表 1 所示),利用 ArcGis9.2 生成了中国玉米光合生产潜力分布图、中国玉米光温生产潜力分布图、中国玉米气候生产潜力分布图、中国玉米土地生产潜力分布图和中国玉米生产潜力分布图,图中用白色至黑色渐变色表示中国玉米各种生产潜力值由小变大。最终计算结果数据如表 1 所示。

表 1 中国玉米生产潜力计算结果

(kg/hm²)

省市名称	光和生产潜力	光温生产潜力	气候生产潜力	土壤生产潜力	玉米生产潜力
湖南省	15298.4	11988.6	9779.6	8151.7	6915.2
贵州省	15502.1	13455.1	11726.7	8856.1	7076.0
广西壮族自治区	16197.3	12181.3	10536.8	8650.8	7318.6
江西省	16473.5	14399.5	12181.3	9592.4	7701.7
福建省	16684.4	14931.6	13216.5	9604.0	8125.0
湖北省	17048.2	14650.2	13455.1	9722.9	8225.5
广东省	17052.6	17052.6	14122.8	10456.6	8846.3
浙江省	17771.7	17719.4	14144.9	10777.3	9117.6
安徽省	18402.5	14122.8	13399.5	11084.8	9377.7
上海市	18884.0	19309.5	14612.0	11218.0	9490.4
陕西省	19388.1	18160.0	15708.6	11388.0	9615.2
河南省	19470.5	15769.9	14931.6	11396.9	9641.8
四川省	19625.3	13216.5	11433.8	9693.5	8940.3
江苏省	21552.1	15436.4	15436.4	11734.2	9892.7
山西省	21669.2	13071.5	12650.2	11034.1	9927.1
甘肃省	21684.0	17429.1	14260.9	9863.5	7855.1
天津市	21766.5	20937.6	16839.6	12270.5	10290.3
山东省	22420.6	16781.4	14057.5	12455.9	10300.1
河北省	22910.4	20040.0	15769.9	12584.5	10380.9
北京市	22920.9	20905.8	17675.6	12685.2	10537.7
海南省	23286.6	14144.9	13044.4	12891.3	10718.4
云南省	25531.8	15229.3	13300.5	10952.5	9731.7
吉林省	28155.8	26032.7	18580.9	13363.3	11305.4
黑龙江省	28495.4	26260.9	19309.5	13402.3	11338.3
辽宁省	29240.1	27057.5	20789.6	13868.7	11733.0
西藏自治区	32116.8	17411.3	4049.5	2733.0	2312.1
青海省	32370.9	17840.4	3846.0	2411.2	2039.9
宁夏回族自治区	33164.6	24135.6	5203.1	3077.5	2603.6
内蒙古自治区	35617.0	26160.7	16831.2	10828.8	9161.1
新疆维吾尔自治区	36954.0	24689.9	3108.8	2462.2	2083.0

3.1 玉米光合生产潜力分析

由图 1 可以看出中国玉米的光合生产潜力在 15298~36954kg/hm² 之间,不同地区的光合生产潜力差别较大。从空间分布来看,西北和东北地区,是春玉米种植区域,光照条件充足,玉米的光合生产潜力较大,

潜力值在 28155~36950kg/hm² 之间;中东部大部分是夏玉米播种区域,光合生产潜力值在 18880~23290kg/hm² 之间,华南大部光合生产潜力值较低,小于等于 18884kg/hm²。



图1 中国玉米光合生产潜力分布图

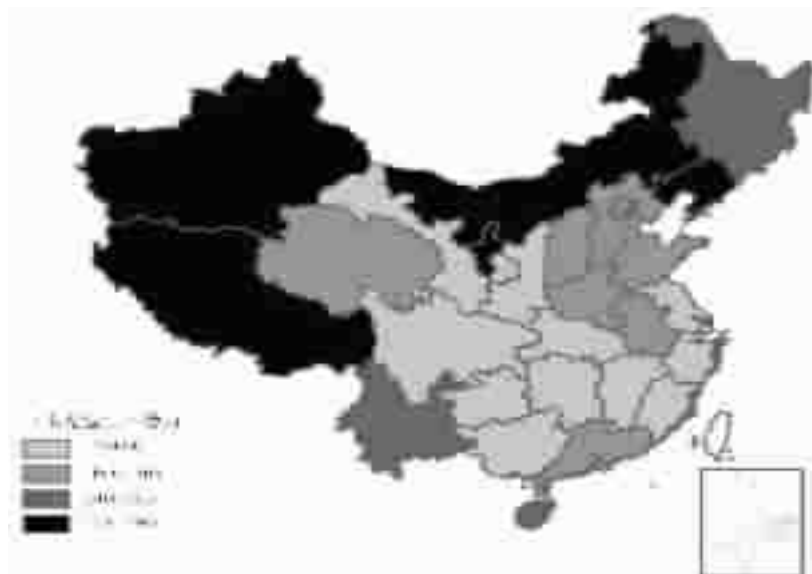


图2 中国玉米光温生产潜力分布图

3.2 玉米光温生产潜力分析

农作物的生长发育同样受到温度的制约，体温的高低决定了其内部的生理生化反应，最终影响到其发育速度、生存状况、产量形成等^[10]。由图2可知，中国玉米的光温生产潜力在 11988~27057kg/hm² 之间；同光合生产潜力一样，中国西北及东北地区的光温潜力值较高，在 17719.4~27057kg/hm² 之间，河南、安徽、山东等中东部地区潜力值居中在 13216~17429kg/hm²；其他地区潜力值则较低，低于 13216kg/hm²。

3.3 玉米气候生产潜力分析

由下图3可以看出，中国东北地区种植的春玉米气候生产潜力最高，潜力值在 3108~20790 kg/hm² 之间；中国北部及华北、华南大部气候生产潜力居中，潜力值在 9779~17676kg/hm²，西北地区的气候生产潜力

最低，潜力值小于等于 5203kg/hm²。

3.4 玉米土地生产潜力分析

由图4整体可以看出中国东部土地生产潜力高于西部地区，其中又以东北地区及华北大部潜力值最高，在 11388~13869kg/hm² 之间；中国华南大部潜力值居中，在 8151~11218kg/hm² 之间。

3.5 玉米生产潜力分析

由图5可以看出，中国西北部地区的生产潜力比较低，尤其是西藏、青海、新疆、宁夏等省自治区，潜力值小于等于 2604kg/hm²；而东北地区种植的春玉米及华北等地种植的夏玉米生产潜力比较大，潜力值在 9378~11730kg/hm² 之间；其余地区潜力值居中，在 6915~9161kg/hm² 之间。

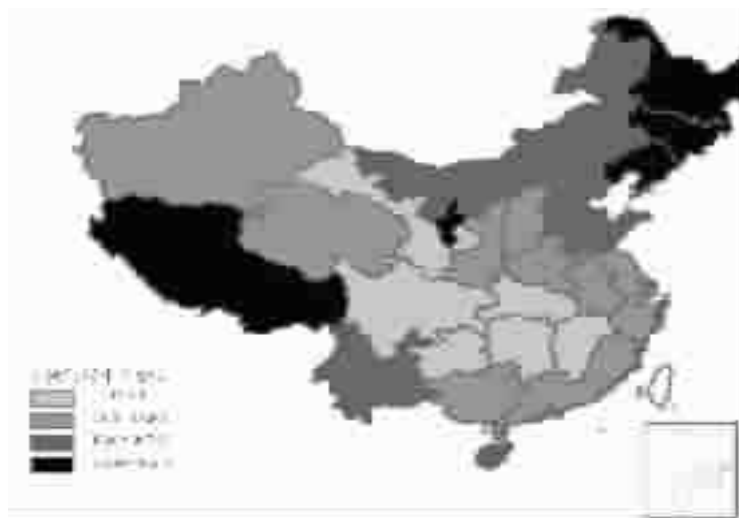


图 3 中国玉米气候生产潜力分布图



图 4 中国玉米土地生产潜力分布图

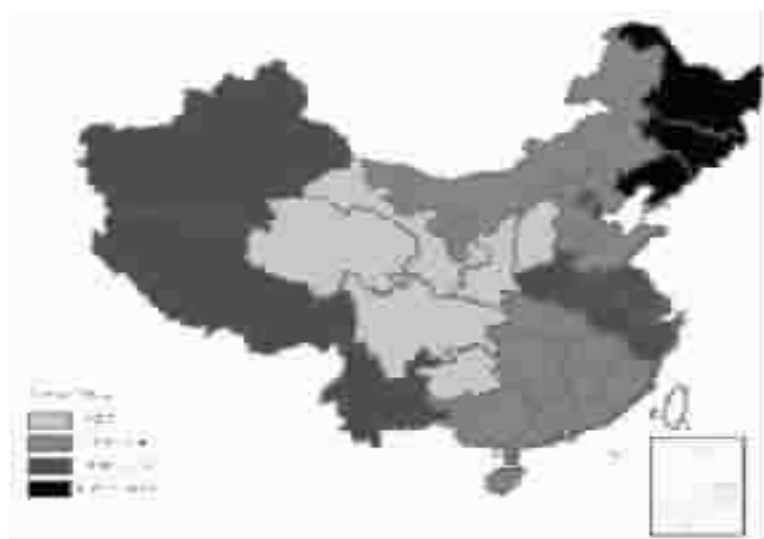


图 5 中国玉米生产潜力分布图

4 小结及讨论

4.1 笔者在 GIS 平台、中国气象局 1971—2000 年的气候平均数据和中国科学院自然资源数据库支持下，根

据光、温、水、土逐级衰减的修正方法，对中国玉米生产潜力进行估算。结果表明，中国玉米生产潜力在 2039~11733kg/hm² 之间。不同地区潜力值差别较大，整

体上中国东部地区玉米的生产潜力较大,西北部生产潜力较小,尤其是青海、西藏、新疆等地。分析以上结果产生原因在于:(1)各省市区的自然条件存在差异;(2)各省市区的经济条件不同,对化肥等农业资料投入不同,中国东部地区经济较西北部发达。(3)种植玉米的科学技术水平存在差异,使玉米的自然生产潜力没有得到充分发挥。

4.2 通过玉米土地生产潜力与2007年玉米的现实单产的对比可知:现实单产均低于潜在产量,西部内陆干旱区的潜力值则更低于现实产量,这主要是因为笔者所计算的玉米生产潜力是依据光、温、水、土等自然因素计算的,没有涉及灌溉、施肥等社会因素。如果在计算气候生产潜力时,进一步考虑灌溉因素,则可获得更准确的结果。

4.3 以2007年中国各省玉米种植面积最终得出中国玉米秸秆的生产潜力,总量达到3.12亿t,如果秸秆废弃率按50%计算,中国玉米秸秆生产潜力可达1.56亿t。再乘以玉米秸秆纤维素百分比含量70%,则中国玉米秸秆纤维的生产潜力年均可达1.09亿t。该研究结果为进一步的生物燃料乙醇潜力分析提供了依据。

参考文献

- [1] 封莉,俊峰,冯晓静,等.秸秆生物质资源利用途径及相应技术.农机化研究,2004,11(6):193-195.
- [2] 毛建华.生物质能转换形式及秸秆气化技术.天津农业科学,2006(12):5-7.
- [3] 曹建峰.秸秆的综合利用技术分析.资源研究与信息,2006(22):22-26.
- [4] 陈中玉,祖立,白小虎.农作物秸秆的综合开发利用.农机化研究,2007(5):194-196.
- [5] 毛艳玲.福建省沿海地区主要农作物生产潜力的估算.福建农林大学学报(自然科学版),2002,31(2):255-258.
- [6] 王建勋,朱晓玲,庞新安,等.塔里木河流域主要农作物气候生产潜力分析.农业气象,2006,7(2):76-78.
- [7] 黄志英,梁彦庆,葛京凤,等.河北省作物生产潜力及人口承载力研究.农业现代化研究,2005,6(2):93-96.
- [8] 郑海霞,封志明,游松财.基于GIS的甘肃省农业生产潜力研究.地理科学进展,2003,22(4):400-408.
- [9] 冷疏影.地理信息系统支持下的中国农业生产潜力研究.自然资源学报,1992,7(1):71-79.
- [10] 周兆德.农业生产潜力及人口承载力理论初探.北京:中国林业出版社,2007:107-111.
- [11] 邓根云,冯雪华.我国光温资源与气候生产潜力研究.自然资源,1980,(4):11-16.
- [12] 陈桂华.农作物秸秆表面性能及胶合重组技术研究:[学位论文].长沙:中南林业科技大学,2006:39-42.
- [13] 马晓建,赵银峰,祝春进.以纤维素类物质为原料发酵生产燃料乙醇的研究进展.食品与发酵工业,2004,30(11):77-81.

[1] 封莉,俊峰,冯晓静,等.秸秆生物质资源利用途径及相应技术.农机