

郭 洁,樊相宇. 基于 SUMT 的加工番茄种植规划[J]. 江苏农业科学,2013,41(10):428-430.

# 基于 SUMT 的加工番茄种植规划

郭 洁,樊相宇

(西安邮电大学管理科学与工程学院,陕西西安 710061)

**摘要:**针对加工番茄产量与番茄酱厂产能之间的匹配问题,在建立加工番茄产量模型的基础上,根据番茄酱厂产能,基于 SUMT 求解加工番茄最优种植方案,规划加工番茄的种植品种、种植时间、种植面积,从而减少资源的浪费,提高番茄加工企业的经济效益。

**关键词:**SUMT;加工番茄;种植方案;惩罚函数法

**中图分类号:**F325.21 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2013)10-0428-03

加工番茄 (processing tomato) 是新疆生产建设兵团特色果蔬产业<sup>[1-3]</sup>。现阶段新疆番茄产业存在问题:整个生产期内番茄酱加工厂的生产能力是固定的,而番茄产量却呈现早期和晚期产量不足、中期产量过剩的状态,导致番茄酱加工厂早期、晚期“吃不饱”,中期“吃不了”,造成原料浪费,降低了生产效益<sup>[4-7]</sup>。加工番茄产量与番茄酱加工厂产能之间的关系是决定加工番茄种植面积、种植时间以及种植品种的重要依据。单纯形法、拉格朗日乘子法、惩罚函数法已被广泛应用于小麦、玉米、大豆、水稻等作物的种植决策中。加工番

茄的种植与加工是以日产量与产能相匹配为目标的微观规划和预测问题,属于多个约束条件下的非线性多变量问题。目前国内对番茄种植规划的研究还处于起步阶段,且大都采用线性规划方法(如单纯形法),即使采用了拉格朗日乘子法等非线性规划方法,也存在优化结果不够精确等问题<sup>[8-9]</sup>。为了使研究结果准确有效,建立非线性多变量模型已成为必然<sup>[10-12]</sup>。本研究以新疆生产建设兵团某番茄酱加工厂及其周边番茄种植情况为例,将惩罚函数法应用于番茄种植规划,解决多个约束条件下的非线性多变量问题,从而得出最优种植方案,确定合理的加工番茄种植品种、种植面积、种植时间,旨在为加工番茄种植规划提供指导。

收稿日期:2013-06-27

基金项目:国家自然科学基金(编号:61064005)。

作者简介:郭 洁(1988—),女,陕西西安人,硕士研究生,主要从事项目管理研究。E-mail:415050962@qq.com。

通信作者:樊相宇,硕士,教授,主要从事系统工程研究。E-mail:fxu@xupt.edu.cn。

应该对这类失地农民进行必要的心理干预和辅导,帮助他们在心理上尽快适应城市生活,形成积极向上的生活态度。

## 3.4 加强舆论宣传和引导,消除社会排斥与歧视心理

失地农民在社会物质财富的分配中已遭遇不公,若在精神上再遭受歧视,这对他们来说就更是雪上加霜,有可能将其推向崩溃的边缘。因此,首先应该充分利用广播、电视、报纸、网络等媒体进行全方位的宣传和引导,消除社会对失地农民的偏见与歧视,引导市民主动接纳和帮助失地农民融入城市生活;其次,建立心理援助机构,对失地农民心理进行关注与引导,消除失地农民对市民的排斥和自我封闭心理;再次,在城市社区中构建融合、互助、团结的文化氛围,为失地农民融入城市创造良好的文化环境。

## 3.5 丰富社区文化交流

法国社会学家 F·滕尼斯在《社区与社会》中指出,社区是生活共同体,以地域、意识、行为以及利益为特征。从这个定义中可以看出,社区中的居民通过在一定地域中生活与交往,会形成相似的观念、文化、行为方式、心理、意识等。社区生活是失地农民在价值观念、行为方式、心理意识等方面转变的重要途径。丰富社区文化交流,目的就在于通过各种各样的文化娱乐活动,消除市民与失地农民之间的距离与隔阂,使失地农民形成与市民相似的观念、心理与行为,从而使失地农

## 1 问题描述和模型建立

### 1.1 问题描述

现阶段的加工番茄产量、番茄酱加工厂产能呈现不平衡

民从内心接受城市生活,最终达到与城市社会融合的目的。

## 参考文献:

- [1] Durkheim E. Suicide[M]. London:Routledge,1951:202.
- [2] Beauvais C, Jenson J. Social cohesion: updating the state of the research[R/OL]. [2013-06-10]. [http://www.cprn.org/documents/12949\\_en.pdf](http://www.cprn.org/documents/12949_en.pdf).
- [3] 嘎日达, 黄匡时. 西方社会融合概念探析及其启发[J]. 理论视野, 2008(1): 47-49.
- [4] 门世功, 闵改明. 渭南市被征地农民生活保障情况调查与思考[J/OL]. [2013-06-10]. <http://www.weinan.gov.cn/wzwn/wnj/2011n/dsyj/dcxj/195345.htm>.
- [5] 李雅静. 失地农民就业难的因素分析[J]. 新西部:下旬刊, 2011(3): 13-14.
- [6] 许振兴. 二元户籍制度与失地农民的身份认同问题研究——基于大学生社会实践调查[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(27): 15370-15372.
- [7] 屈晓娟. 社会排斥视角下的失地农民与城市融合问题研究[J]. 陕西农业科学, 2011, 57(2): 214-216.
- [8] 阮志刚. 城市化进程中失地农民问题的思考和对策[J]. 湖北经济学院学报:人文社会科学版, 2009, 6(2): 24-25.
- [9] 张红艳. 我国城市化进程中失地农民社会保障问题研究[D]. 太原: 山西大学, 2008: 38-39.

状态,番茄酱加工厂的产能在加工期内是固定的,而未经科学

规划由农民自发种植的番茄成熟时间相对集中(图1)。

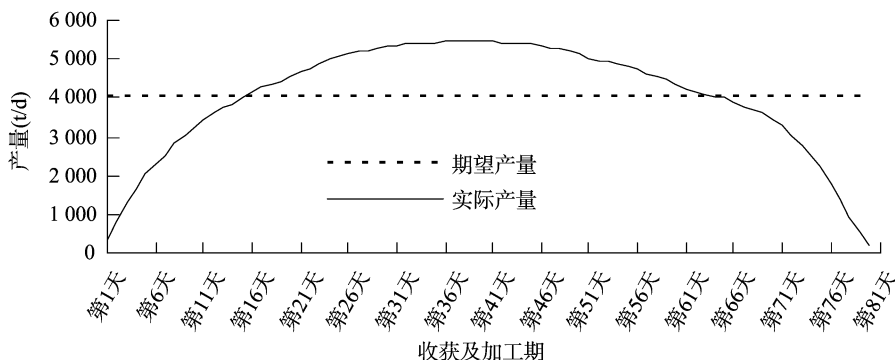


图1 番茄产量与期望产量对比

## 1.2 番茄种植规划模型的建立

根据前期调查结果<sup>[13-16]</sup>,由于不同品种的加工番茄成熟期相对固定,在只考虑积温的前提下,建立番茄产量与积温关系的 Logistic 模型,见公式(1):

$$W = \frac{a \times x}{1 + e^{5.5616 - 0.00423T}} \quad (1)$$

式中, $W$ 代表加工番茄产量, $x$ 为加工番茄种植面积, $a$ 与番茄品种有关, $T$ 为番茄生长期内 $\geq 10^\circ\text{C}$ 的有效积温。番茄品种 H2206、H2401(美国亨氏公司)成熟期分别为 100、120 d,均为集中成熟。番茄酱加工厂周边加工番茄种植面积为 6 667  $\text{hm}^2$ 。番茄酱加工厂 3 条生产线总产能为 4 000 t/d,每年生产期稳定在 80 d。番茄整个生长期平均有效积温如图 2 所示。

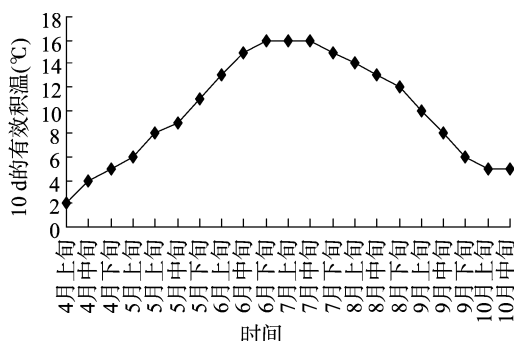


图2 生长期有效积温

设第  $j$  天番茄产量决定于第  $j-100$  天 H2206 的种植面积  $x_{j-100}$  与第  $j-120$  天 H2401 的种植面积  $y_{j-120}$ ,则每天的番茄产量  $W_j$  ( $121 \leq j \leq 200$ ) 见公式(2):

$$W_j = \frac{8x_{j-100}}{1 + e^{5.5616 - 0.00423 \times (T_j - T_{j-100})}} + \frac{6y_{j-120}}{1 + e^{5.5616 - 0.00423 \times (T_j - T_{j-120})}} \quad (2)$$

若要使原料浪费最少、生产效率最高,建立目标函数:

$$J = \min \sum_{j=121}^{200} |W_j - 400| \quad (3)$$

约束条件:

$$\sum_{i=1}^{100} x_i + \sum_{i=1}^{100} y_i = 6\,667 \quad (4)$$

$$121 \leq j \leq 200$$

$$1 \leq i \leq 100$$

$$x_i \geq 0, 21 \leq i \leq 80$$

$$y_i \geq 0, 21 \leq i \leq 80$$

$$x_i = 0, i \leq 21 \text{ 或 } 80 \leq i$$

$$y_i = 0, i \leq 21 \text{ 或 } 80 \leq i$$

$x_i$  ( $1 \leq i \leq 100$ ) 即为第  $i$  天 H2206 种植面积,  $y_i$  ( $1 \leq i \leq 100$ ) 即为第  $i$  天 H2401 种植面积。

## 2 算法设计及求解

### 2.1 算法设计

惩罚函数法又称代价函数法,它是应用最为广泛的一种求解有约束多变量优化问题的数值解法<sup>[17-22]</sup>。其基本策略是根据约束的特点,构造某种惩罚函数,然后把它加到目标函数中去,使约束问题的求解转化为一组无约束极值问题的求解,称为序贯无约束极小化方法(sequential unconstrained minimization technique),简称 SUMT。应用惩罚函数法求解不等式约束的非线性规划问题有两大类,即外点法、内点法。外点法是构造惩罚函数以后,在搜索无约束极值点过程中,搜索点列  $x_1, x_2, x_3, \dots$ ,从可行域外逐步向最优点  $x^*$  逼近;内点法是在搜索极值点的过程中,搜索点列  $x_1, x_2, x_3, \dots$ ,始终位于可行解域内,并逐步向最优点  $x^*$  逼近。

对于求  $n$  元目标函数,见公式(5):

$$J = f(x) = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (5)$$

$$g_i(x) \geq 0 \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad (6)$$

在公式(6)不等式约束条件下的最小值的最优化问题,按以下思路来构造内部惩罚函数。

假设容许点  $x_b$  是容许集的边界点,那么将至少存在 1 个不等式约束,例如第  $i$  个,使得  $g_i(x_b) = 0$ 。构造如下的目标函数即可实现上述想法,即:

$$R(x, p) = f(x) + p\beta(x) \quad (7)$$

式中  $\beta(x)$  见公式(8):

$$\beta(x) = \sum_{i=1}^m \frac{1}{g_i(x)} \quad (8)$$

$p > 0$  为惩罚因子,  $p\beta(x)$  为惩罚项。若  $x$  是惩罚项的内点,则  $\beta(x)$  的值是有限的正数。当  $x$  由内部接近边界时,至少有 1 个约束函数,例如第  $i$  个,使  $g_i(x)$  趋于零,于是  $\beta(x)$  趋于无穷大。先固定  $p > 0$ ,求解  $R(x, p)$  的无约束最优化问题。如果初始点取为容许集的内点,那么按  $R(x, p)$  的结构和无约束下降迭代法的特性,其迭代点将永远保留在容许集内,最后求得的极小点也属于容许集。通常情况下,内点法的惩罚函数为:

$$R(x, p_k) = f(x) + p_k \sum_{i=1}^m \frac{1}{g_i(x)} \quad (9)$$

式中:  $R(x, p_k)$  为内惩罚函数;  $p_k$  为第  $k$  步迭代时的惩罚因子, 随着迭代的进行,  $p_k$  递减并趋于零, 其相应的无约束问题的解将趋近于原问题的解。

迭代法步骤如下: (1) 取惩罚因子,  $p_1 > 0$  给定允许误差  $\varepsilon > 0$ 。(2) 求可行域的初始内点  $x_0$ , 置计算次数  $k = 1$ 。(3) 以  $x_{k-1}$  作为起始点, 应用任何一种无约束极小值方法求极值问题的最优解  $x_k = x(p_k)$  使  $R(x_k, p_k) = \min_x R(x, p_k)$ 。(4) 校验是否满足  $p_k \sum_{i=1}^m \frac{1}{g_i(x)} \leq \varepsilon$ , 若满足, 则得到条件极值的最优解  $x^* = x_k$ ; 否则取  $p_{k+1} < p_k$ , 置  $k = k + 1$ , 返回步骤(3), 重复计算下去。

## 2.2 非线性模型的求解结果

通过 Matlab 软件进行编程, 经过运算, 得到的最优种植方案如图 3 所示, 2 条曲线分别表示种植期内 H2204、H2401 每天的种植面积。

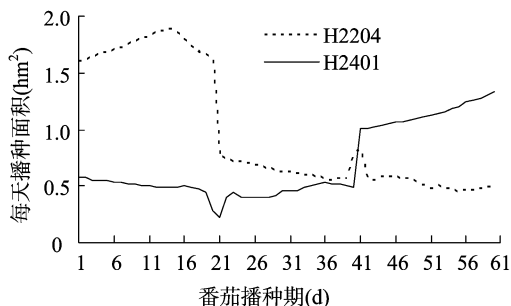


图3 番茄品种H2204和H2401在2012年的种植建议

这时目标函数取得函数值  $J = 1\,479.5$ 。以惩罚函数法进行种植规划所得数据为规划产量, 以番茄酱加工厂的生产能力为期望产量, 作图如图 4 所示。将产量进行对比发现, 规划后的加工番茄日产量更好地拟合了番茄酱厂的加工能力, 大大减少了资源浪费, 提高了番茄加工企业的经济效益。

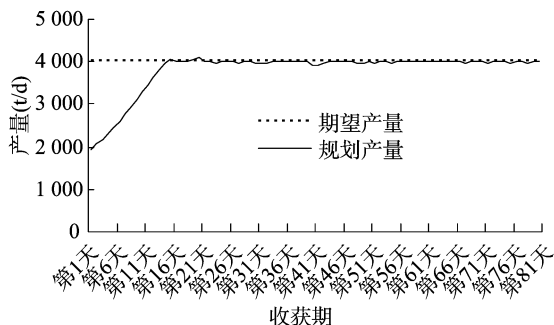


图4 加工番茄期望产量与规划产量对比

## 3 结论与展望

本研究对番茄种植期内每天的番茄种植方案与番茄加工期内番茄酱加工厂产能之间的匹配问题进行探讨, 合理安排番茄种植期内每日的种植品种、种植时间、种植面积, 将实际产量、规划产量、期望产量进行对比, 应用本方法优化过的规划产量的曲线更好地拟合了番茄酱加工厂的期望产量, 因而对减少原料浪费、提高生产效益具有一定的参考意义。本研

究采用的惩罚函数法与单纯形法等线性问题求解方法相比, 能够更好地解决具体到每一天的番茄种植微观规划和预测问题, 使种植方案更加精确有效; 与拉格朗日乘子法等多变量优化方法相比, 具有原理易懂、程序简单的特点, 特别是对于求解多个约束条件下的非线性多变量最优化问题一般来说更为有效。基于 SUMT 进行加工番茄种植规划, 为番茄酱加工厂、种植农户减少原料浪费、提高经济效益提供了一种可行的方法。影响番茄产量的因素很多, 如极端天气、病虫害、种植管理不当等, 需要进一步研究。

## 参考文献:

- [1] 刘玉霞. 番茄在中国的传播及其影响研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2007.
- [2] 陈兵. 中国新疆番茄产业发展现状分析[J]. 新疆财经大学学报, 2011(3): 16-20.
- [3] 齐士发, 石强, 王新燕, 等. 新疆加工番茄产业原料生产中存在的问题与对策[J]. 农业科技通讯, 2008(11): 81-85.
- [4] 余国新, 张建红, 刘维忠. 新疆农户番茄种植生产技术效率及影响因素研究[J]. 新疆农业大学学报, 2011, 34(5): 454-458.
- [5] 张建红, 余国新. 农户种植番茄选择行为影响因素的实证分析[J]. 经济视角, 2010(12): 20-22.
- [6] 何振. 新疆番茄产业化过程中的合作模式变迁探析[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(14): 7584-7586.
- [7] 张建红. 农户种植番茄选择行为研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2010.
- [8] 冯治磊. 播期对加工番茄生育进程及产量影响的研究[D]. 石河子: 石河子大学, 2010.
- [9] 梁燕. 新疆加工番茄原料生产中果实腐烂的原因及其对策[J]. 北方园艺, 2007(6): 57-59.
- [10] 张莹. 运筹学基础[M]. 北京: 清华大学出版社, 2010: 110-165.
- [11] 曾梅清, 田大钢. 线性规划问题的算法综述[J]. 科学技术与工程, 2010, 10(1): 152-159.
- [12] 岳超源. 决策理论与方法[M]. 北京: 科学出版社, 2003: 58-115.
- [13] 陈飞飞, 姜波. 基于单纯形法的加工番茄种植规划研究[J]. 中国农学通报, 2011, 27(25): 256-260.
- [14] 陈飞飞, 姜波, 郭洁. 基于最优控制理论的加工番茄种植规划研究[J]. 新疆农业科学, 2012, 49(10): 1949-1954.
- [15] 刘金凤. 作物种植计划决策支持系统的研究与应用[D]. 乌鲁木齐: 新疆大学, 2010.
- [16] 杨丽丽, 王一鸣, 康孟珍, 等. 基于修正 Logistic 模型的番茄单个果实生长规律模拟[J]. 农业机械学报, 2008, 39(11): 81-84.
- [17] 余爱华. Logistic 模型的研究[D]. 南京: 南京林业大学, 2003: 58.
- [18] 孟志青, 胡奇英, 汪寿阳. 一种新的罚函数的精确罚定理[J]. 自然科学进展, 2003, 13(3): 328-330.
- [19] 马骋, 李迅, 姚家晖, 等. 一种新的求解带约束的有限极大极小问题的精确罚函数[J]. 应用数学和力学, 2012, 33(2): 250-264.
- [20] 金鉴禄, 谭佳伟, 贺莉, 等. 一般非线性规划问题的凝聚同伦内点方法[J]. 吉林大学学报: 理学版, 2011, 49(6): 1044-1052.
- [21] 刘德光. 非线性规划整体精确罚函数的一个新的充分条件[J]. 应用数学学报, 1993, 16(1): 31-38.
- [22] 高圣国, 姚奕荣. 一个修正的罚函数方法[J]. 应用数学与计算数学学报, 2004, 18(2): 79-84.