

丘陵山区烟草种植机械配置策略研究^①

陈 浩¹, 李云伍¹, 罗超平², 韩煜杰¹, 刘得雄¹

1. 西南大学 工程技术学院, 重庆 400715; 2. 西南大学 经济管理学院, 重庆 400715

摘要: 丘陵山区是我国主要的烟草产区, 合理的烟草种植机械配置模式, 对于降低生产成本, 提高机械的利用率有重要的意义. 丘陵山区复杂的地形条件及种植模式导致机械作业效率和作业面积并非定值, 为合理地进行烟草种植机械的配置带来一定的难度. 运用模糊线性规划理论, 将作业效率和作业面积模糊化, 建立了约束带有模糊系数的烟草种植机械配置模型. 与实际对比发现, 模糊线性规划配置模型在机械数量和类型结构的优化上优势明显, 为解决丘陵山区烟草种植机械配置问题提供了一个新的思路.

关 键 词: 丘陵山区; 烟草种植机械; 机械配置; 模糊线性规划

中图分类号: S231

文献标志码: A

文章编号: 1000-5471(2017)04-0113-06

烟草种植机械化是烟草种植现代化的一个重要标志, 是烟农“保本、增收、减工”最有效、最直接的途径, 也是发展现代烟草种植、扩大烟草种植规模, 促进烟草行业良性发展的重要手段. 丘陵山区是我国主要的烟草产地之一, 但丘陵山区山高坡陡、耕地零星分散, 土质、土壤肥力差异大^[1], 而且烟草种植涉及耕地、整地、覆膜、移栽等多个环节, 涉及到的作业机械种类繁多. 因此, 影响丘陵山区烟草种植机械配置的因素多, 实现最优配置难度大, 烟草种植机械资源的合理分配已成为阻碍烟区规模扩大、机械化程度提高的障碍之一, 研究适合丘陵山区烟区的烟草种植机械配置方案迫在眉睫.

1 烟草种植机械配置现状

传统的农业机械配置理论主要包括: 经验定额法、作业量法、机器一时间系统配备法、线性规划法、混合整数线性规划、非线性规划法、计算机模拟法以及这些方法的组合使用等^[2-4]. 在各区域具体的农机配备方法方面, 文献[5-8]进行了一定的探索, 而专门针对丘陵山区烟草种植机械配置的研究则较少. 目前丘陵山区烟草种植机械配置主要采用经验法, 实施效果差. 据烟农反映, 目前丘陵山区普遍存在着因烟草种植机械数量分配不合理而导致的机械利用率低、损坏率高的现象, 烟草种植机械数量的增加并没有带动生产效率相应提高. 以重庆地区为例, 相关部门根据生产计划和烟草种植机械田间测试结果制定了基地农机配置方案, 该方案按照作业环节规定了每千亩(66.67 hm²)地可配备的机械类型, 各基地单元根据本地区的实际情况任选其中机型进行配置. 在重庆市巫溪县文峰基地单元, 该基地单元 2015 年种植烤烟 1 224.47 hm², 可配置 A,B,C,D,E,F 及 G 等 7 种机型, 其参数如表 1 所示. 其中 A,B 为耕整机械, C,E

① 收稿日期: 2016-05-03

基金项目: 重庆市烟草公司资助项目(KJC-XM-03-02).

作者简介: 陈 浩(1991-), 男, 河北衡水人, 硕士研究生, 主要从事农业机械方面的研究.

通信作者: 李云伍, 男, 副教授.

为起垄机械, D 为多功能机, 可进行起垄和覆膜作业, F 为多功能机, 可进行覆膜和中耕培土, G 为中耕培土机械. 根据经验, 该基地配置的方案如表 2 所示. 可以看出, 这种配置带有一定的随意性, 配置的农机种类较多, 7 种机型都有可能配置, 给使用、维修、管理都带来较大的难度.

丘陵山区复杂的地形使得不同地区的土壤类型、土地坡度等有很大的不同, 而传统的机械配置往往把机械作业效率和作业面积当作定值来考虑. 烟草种植机械的配置受多种因素的影响, 需要考虑坡度、田块大小、土壤类型等因素对作业效率的影响. 坡度越大, 机械的作业效率越低, 甚至部分高坡度田块不能进行机械作业. 地块越小、烟田越分散, 机械转运和调头等非必要劳动时间越长, 自然会引起效率的降低. 不同的土壤类型, 如粘土和沙土, 机械作业效率也会有差别. 因此, 机械作业效率随着坡度、土壤类型等的不同在一个范围变动. 同时, 丘陵山区烟区土地田块分散, 种植模式多变, 总作业面积的统计也存在误差. 因此, 烟草种植机械的配置要考虑田块坡度、机械效率不确定等因素的影响, 同时又要满足烟草种植对机械作业的需求.

本研究运用模糊线性规划理论, 考虑地形、机械效率等因素的影响, 把作业效率和作业面积模糊化, 并在约束条件的约束下, 求解目标函数的最优, 以改善烟草种植机械的配置结构和数量.

表 1 各机型基本情况

候选机型	功能	作业效率/(hm ² · d ⁻¹)	油耗/(L · d ⁻¹)	价格/万元
A	耕整地	0.37~0.45	9.3	0.78
B	耕整地	0.37~0.48	10.6	0.76
C	起垄	0.53~0.62	13.2	0.78
D	起垄	0.50~0.57	10.4	1.8
	覆膜	0.80~1.07	12	1.8
E	起垄	0.53~0.61	12.8	1.2
F	覆膜	0.67~0.93	9.6	0.6
	中耕培土	0.53~0.59	12	0.6
G	中耕培土	0.60~0.67	11.5	0.56

表 2 重庆巫溪文峰烟草种植机械现行配置方案

作业环节	耕整	起垄	覆膜	中耕培土
现行方案	A 或 B148 台	C 或 D 或 E 166 台	D 或 F 110 台	F 146 台或 G 128 台

2 烟草种植机械配置模型的理论分析

2.1 模糊线性规划理论

采用线性规划法进行农机配置时, 多以成本或作业时间等为优化目标, 以机械的作业量、作业时间等为约束建立线性方程. 但在解决实际问题时, 约束条件可能带有弹性, 目标函数并非单一, 模糊线性规划理论可较好地处理这一问题. 模糊线性规划模型可以分为 4 种, 即: 模糊约束线性规划模型、模糊目标线性规划模型、模糊系数线性规划模型, 变系数模糊线性规划模型. 根据丘陵山区烟草种植机械作业效率和作业面积不确定性的特征, 其配置模型选择模糊系数线性规划模型, 表达形式为

$$\begin{aligned} \text{Max} Z &= c^T x \\ \text{s. t. } \quad &\tilde{A}x \leq \tilde{b} \\ &x \geq 0 \end{aligned} \tag{1}$$

其中 : Z 为目标函数, x 为决策变量, $\tilde{A} = (\tilde{a}_{ij})_{m \times n}$ 为 $m \times n$ 阶模糊数矩阵, $\tilde{b} = (\tilde{b}_1, \tilde{b}_2, \cdots, \tilde{b}_m)^T$ 为 m 维

模糊数向量, $c^T = (c_1, c_2, \dots, c_n)$ 为 n 维清晰型向量.

求解模糊系数线性规划问题的基本思想是通过某种方法, 把模糊系数转换为普通实数, 从而把模糊线性规划转换为确定型线性规划问题, 再利用单纯形法求解. 其求解过程如下^[9-11]:

在把模糊系数转换为普通实数时, 通常把式(1)中的模糊数看作一种特殊的模糊数 — L - R 型模糊数. 记实数域上参考函数为 L (或 R) 满足:

$L(x) = L(-x)$; $L(0) = 1$; L 在 $[0, +\infty)$ 上非增且逐渐连续.

若模糊数 $\bar{I}$ 的隶属函数满足:

$$\bar{I}(x) = \begin{cases} L\left(\frac{h-x}{\alpha}\right), & x \leq h, \alpha > 0 \\ R\left(\frac{x-h}{\beta}\right), & x \geq h, \beta > 0 \end{cases} \quad (2)$$

则称 $\bar{I}$ 为 L - R 型模糊数, 其中 L, R 分别为 $\bar{I}$ 的左、右枝, 均为参考函数; α, β 称为 $\bar{I}$ 的左右展形, 并将 $\bar{I}$ 记为

$$\bar{I} = (h, \alpha, \beta)_{LR} \quad (3)$$

因此, 式(1)中模糊数 $\tilde{a}_{ij}, \tilde{b}_q (q = 1, 2, \dots, m)$ 可表示为:

$$\tilde{a}_{ij} = (a_{ij}, \underline{a}_{ij}, \bar{a}_{ij})_{LR}, \tilde{b}_q = (b_q, \underline{b}_q, \bar{b}_q)_{LR} \quad (4)$$

一个矩阵中的每个元素都是 L - R 数时, 称为 L - R 矩阵, 把式(1)中 $\tilde{A}, \tilde{b}$ 看作 L - R 矩阵, 可表示为

$$\tilde{A} = (A, \underline{A}, \bar{A})_{LR}, \tilde{b} = (b, \underline{b}, \bar{b})_{LR} \quad (5)$$

其中: $A = (a_{ij})_{m \times n}, \underline{A} = (\underline{a}_{ij})_{m \times n}, \bar{A} = (\bar{a}_{ij})_{m \times n}, b = (b_1, b_2, \dots, b_m)^T, \underline{b} = (\underline{b}_1, \underline{b}_2, \dots, \underline{b}_m)^T, \bar{b} = (\bar{b}_1, \bar{b}_2, \dots, \bar{b}_m)^T$

因此, 根据文献[12], 式(1)可等价于下列有 $3m$ 个线性不等式约束的普通线性规划问题:

$$\begin{aligned} \text{Max} Z &= c^T x \\ \text{s. t. } Ax &\leq b \\ Ax - \underline{A}x &\leq b - \underline{b} \\ Ax + \bar{A}x &\leq b + \bar{b} \\ x &\geq 0 \end{aligned} \quad (6)$$

进而再利用单纯形法进行求解.

2.2 烟草种植机械配置模型的建立

设烟草种植机械配置的目标为成本最小. 成本包括年固定费用和年可变费用, 年固定费用为机器折旧费和管理费用, 年可变费用包括油料费、雇工工资、机械维修保养费等. 由于烟草种植机械购置后分发给烟农使用, 烟农多自行管理和维护, 所以年固定费用只考虑折旧费, 年可变费用只考虑油料费, 因此, 目标函数为

$$\text{Min} Z = \sum_{i=1}^n (d_i + e_i) x_i \quad (7)$$

其中: Z : 年作业成本, 单位: 元;

d_i : 第 i 种机械作业期间油料费, 单位: 元;

e_i : 第 i 种机械的年折旧费用, 折旧方法为直线折旧法, 机械折旧年限为 5 年, 计算公式为: 折旧费 = 机器购买价格 / 机器的折旧年限, 单位: 元;

x_i : 第 i 种机械的数量, 单位: 台.

烟草机械为专用机械, 需满足作业量要求. 丘陵山区烟草种植作业多使用小型机械, 工作效率较低, 作业效率和作业面积的不确定性对机械配置的影响不可忽略, 因此将作业效率和作业面积模糊化, 作业量

约束为

$$\tilde{f}_i g_i x_i \geq \tilde{s}_i \quad (8)$$

其中: $\tilde{f}_i$: 第 i 种机械的作业效率模糊数, 单位: hm^2/d ;

g_i : 第 i 种机械的作业时间, 单位: d ;

x_i : 第 i 种机械的数量, 单位: 台;

$\tilde{s}_i$: 第 i 种机械的作业面积模糊数, 单位: hm^2 .

由此, 丘陵山区烟草种植机械配置模型为

$$\begin{aligned} \text{Min} Z &= \sum_{i=1}^n (d_i + e_i) x_i \\ \text{s. t. } \tilde{f}_i g_i x_i &\geq \tilde{s}_i \\ x_i &\geq 0 \end{aligned} \quad (9)$$

按照式(2) — (5) 的处理方法, 式(9) 转化为确定型线性规划模型:

$$\begin{aligned} \text{Min} Z &= \sum_{i=1}^n (d_i + e_i) x_i \\ \text{s. t. } f_i g_i x_i &\geq s_i \\ f_i g_i x_i - \underline{f}_i g_i x_i &\geq s_i - \underline{s}_i \\ f_i g_i x_i + \overline{f}_i g_i x_i &\geq s_i + \overline{s}_i \\ x_i &\geq 0 \end{aligned} \quad (10)$$

其中: $\tilde{f}_i = (f_i, \underline{f}_i, \overline{f}_i)$, $f_i, \underline{f}_i, \overline{f}_i$ 分别为作业效率的最佳值、最小值和最大值与最佳值差值的绝对值;

$\tilde{s}_i = (s_i, \underline{s}_i, \overline{s}_i)$, $s_i, \underline{s}_i, \overline{s}_i$ 分别为作业面积的最佳值、最小值和最大值与最佳值差值的绝对值;

其余符号意义同式(6) — (9).

3 烟草种植机械配置模型的应用

同样以重庆市巫溪县文峰基地单元作为实例, 对耕整、起垄、覆膜、中耕培土 4 个环节进行机械配置, 其作业时间分别为 30, 15, 30, 15 d, 该基地单元坡度小于 15° 的田块占总种植面积的 11% 左右, $15^\circ \sim 45^\circ$ 田块的比例为 70% 左右, 大于 45° 的种植区域因坡度太高而无法实现机械化, 不计入配置范围内, 经过多年的统计, 该基地单元作业面积在 $933.33 \sim 1\,058.47 \text{ hm}^2$ 之间, 因此将作业面积模糊化为 $(991.8, 58.47, 66.67)_{\text{LR}}$. 各个作业环节下可配置机型的基本参数如表 1 所示. 作业效率受地形因素的影响而并非定值, 将各机型作业效率处理成 L - R 型模糊数, 以大多数机手的工作效率取为公式(3)中的 m 值, α, β 取调研结果中的最小值和最大值与 m 的差的绝对值, 模糊化处理结果如表 3 所示, 由于 D, F 机型参与两个作业环节, 把起垄、覆膜、中耕培土作为一个模型来进行机械配置.

4 结果与分析

根据公式(10)建立配置模型, 并利用单纯形法进行求解, 得到的配置结果和现行方案对比情况如表 4 所示.

由此看出, 在完成同等作业量的情况下, 原方案机械最低购置成本为 329.56 万元, 而模糊线性规划只有 184.98 万元. 原有配置策略存在两个问题: 一是作业机械数量过多, 往往导致机械的利用率低, 造成了农机资源的浪费, 生产成本增加; 二是农机结构不合理, 种类繁多, 7 种机械每种都有, 不能体现出一个优选的过程, 而 D, E 机械虽为多功能机械, 但又存在着性价比低的缺点, 模糊线性规划充分考虑了这一点. 模糊线性规划配置模型首先满足了田间生产对机械数量的要求, 而且又可以根据丘陵山区烟草种植区域坡

地多、土地分散等特点对机械配置结构做出适当的调整,其配置结果优于现行配置方法.

表 3 作业效率模糊化处理结果

作业环节	候选机型	作业效率/(hm ² ·d ⁻¹)	作业效率模糊处理结果/(hm ² ·d ⁻¹)
耕整	A	0.37~0.45	(0.4,0.027,0.053) _{LR}
	B	0.37~0.48	(0.43,0.053,0.053) _{LR}
	C	0.53~0.62	(0.59,0.053,0.033) _{LR}
起垄	D	0.50~0.57	(0.53,0.033,0.033) _{LR}
	E	0.53~0.61	(0.53,0,0.08) _{LR}
覆膜	D	0.80~1.07	(0.8,0,0.27) _{LR}
	F	0.67~0.93	(0.8,0.13,0.13) _{LR}
中耕培土	F	0.53~0.59	(0.53,0,0.053) _{LR}
	G	0.60~0.67	(0.64,0.04,0.027) _{LR}

表 4 现行方案和模糊线性规划配置方案对比情况

作业环节	耕整	起垄	覆膜	中耕培土	机械最低购置成本/万元
现行方案	A 或 B148 台	C 或 D 或 E 166 台	D 或 F 110 台	F 146 台或 G 128 台	329.56
模糊线性规划配置方案	A 84 台	C 117 台	F 47 台	F 47 台和 G 65 台	184.98

5 结 论

- 1) 在丘陵山区进行机械配置时,地形因素对机械效率和作业面积的影响不可忽略.
- 2) 模糊线性规划通过把各因素影响下的机械工作效率和作业面积模糊化,既继承了确定型线性规划的优点,又针对地形坡度高、田块分散等特点做出相应的调整.
- 3) 与实际对比发现,建立的丘陵山区烟草种植机械的模糊系数线性规划配置模型,无论是从配置数量上,还是从机械结构上都实现了优化,为丘陵山区农业机械的配置提供了一个新的思路.

参考文献:

[1] 李娟,刘国顺,宋晓华. 重庆烟区土壤养分状况分析及综合评价 [J]. 江西农业学报, 2009, 21(7): 94—96, 99.

[2] 何瑞银,王耀华. 农场种植业农业机器优化系统研究的回顾与展望 [C] //中国农业机械学会成立 40 周年庆典暨 2003 年学术年会论文集. 北京:中国农业机械学会, 2003: 307—313.

[3] 曹光乔,高庆生,朱梅,等. 农业机械优化配备方法研究与展望 [J]. 中国农机化学报, 2015, 36(1): 312—315, 327.

[4] 陈聪,曹光乔,潘迪. 农业机械系统优化配备研究进展 [J]. 中国农学通报, 2013, 29(35): 166—169.

[5] 樊国奇,张富贵,高知灵,等. 不同生态环境烟叶生产全程机械化农机配置研究 [J]. 中国农机化学报, 2015, 36(4): 314—316, 324.

[6] 张威. 新疆兵团农牧团场农机配备分析研究与经营模式探索 [D]. 石河子:石河子大学, 2014.

[7] 钟志伟,梁颖涛,刘玲,等. 综合评分法在农机比选中的应用 [J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2015, 40(2): 102—105

[8] Sahu R K, Raheman H. A decision support system on matching and field performance prediction of tractor—implement system [J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2008, 60(1): 76—86.

[9] 张培静. 模糊系数线性规划的解法研究 [D]. 沈阳:东北大学, 2010.

- [10] 谷秋鹏. 基于模糊数距离的模糊线性规划的一种解法 [D]. 汕头: 汕头大学, 2006.
- [11] 曹炳元. 应用模糊数学与系统 [M]. 北京: 科学出版社, 2005: 56—66.
- [12] 李荣钧. 以模糊数排序为基础的可能性线性规划分析 [J]. 模糊系统与数学, 2002, 16(4): 106—109.

On Allocating Strategy of Tobacco Planting Machinery in Hilly and Mountainous Area

CHEN Hao¹, LI Yun-wu¹,
LUO Chao-ping², HAN Yu-jie¹, LIU De-xiong¹

1. College of Engineering and Technology, Southwest University, Chongqing 400715, China;

2. College of Economics and Management, Southwest University, Chongqing 400715, China

Abstract: Hilly and mountainous area is one of the main tobacco producing area in China, and reasonable configuration method makes sense to reduce the production cost and improve the mechanical use rate. Complex terrain conditions and cropping patterns cause that efficiency and area of tobacco planting machinery are not fixed value in mountainous and hilly area, which brings certain difficulty to the reasonable configuration of the tobacco planting machine. Working efficiency and working area have been studied with fuzzy measure, and a model of tobacco machinery allocation in hilly area been set up with fuzzy coefficients through the theory of fuzzy linear programming. Compared with the practical method, the fuzzy linear programming model has obvious advantages on the optimization of mechanical quantity and structure, and provides a new way to solve the tobacco machinery allocation in hilly and mountainous area.

Key words: hilly and mountainous; tobacco planting machinery; machinery allocation; fuzzy linear programming

责任编辑 汤振金