

沈启扬, 於 锋, 周学剑. 江苏省设施蔬菜关键生产环节机具的选型与配备研究[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(2): 157–161.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.02.042

江苏省设施蔬菜关键生产环节机具的选型与配备研究

沈启扬^{1,2}, 於 锋¹, 周学剑¹

(1. 江苏省农机具开发应用中心, 江苏南京 210017; 2. 南京农业大学, 江苏南京 210095)

摘要:通过在江苏多个设施农业园区进行调研,对设施蔬菜耕整地、施肥、种植、植物保护4个关键环节所用机具进行选型。结合专家和用户意见确定选型的主要指标,并给出重要指标的权重,通过模糊综合评判法对其进行排序,优选出关键生产环节机具。以江苏省典型设施农业园区常熟碧溪现代农业生态园作为试验对象,以作业成本最小为目标建立函数,对筛选出来的机具进行优化配备分析,以甘蓝种植工艺流程和时间表为约束,建立线性规划约束方程及目标方程,采用 MATLAB 软件进行求解得出结论,为江苏省其他设施蔬菜园区提供参考。

关键词:江苏设施蔬菜园区;设施蔬菜机具;关键生产环节;选型;配备模型;模糊综合评判法;线性规划约束方程

中图分类号: S233.74 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)02-0157-05

近年来,江苏省设施农业发展迅速,特别是设施蔬菜发展迅猛,截至 2014 年年底,全省建成永久性蔬菜基地 7.39 万 hm^2 ,设施农业面积达 75.8 万 hm^2 ,占耕地面积比重提高至 16.5%,占比居全国第一。高效设施农机化科技示范基地有 242 个,总面积达 3.7 万 hm^2 ;以省级示范基地为龙头,市县级示范基地为主体,占总基地数量的 75.2%。基地以蔬菜、经济林果(西兰花、甘蓝、草莓、葡萄、蜜桃、柿子、西瓜、金针菇、杏鲍菇、蕃茄、青椒、萝卜、甜瓜、马铃薯、药草、仙人掌、花卉、苗木)种植为主。设施蔬菜关键生产环节机具的选型与配备是设施农业其中的一个重要环节,但目前设施农业大部分生产环节仍为传统的人工劳动,工作强度大,作业效率低,人均作业面积仅为欧美国家的 1/4,且作业质量差,单位面积产量仅为欧美国家的 1/3。同时,伴随着我国劳动力日益短缺,我国对设施蔬菜机械的需求大量增长,特别是一些示范基地对设施蔬菜机械的需求增加,正确的选型与合理地进行配备以达到满足生产、节约成本、降低费用的要求成为当前急需解决的问题。目前对农机选型与配置有 2 种偏见:一

是片面追求数量,以农机装备的拥有量和总动力来衡量农机化发展水平,缺乏最佳配置研究;二是片面追求高档,以农机装备的“高、新、特”等来衡量农机化水平,缺乏农机经济研究。随着新型农机具更新换代步伐的加快,农机具的选型和配备问题在农机化技术推广领域中将占有越来越重要的地位,相关选型与配备问题的决策模型在理论和实践上都有着重大的意义。

1 设施蔬菜关键生产环节机具选型

1.1 选型方法及程序

设施蔬菜机具选型是后期机具优化配备的基础,本研究结合专家意见确定选型的主要指标,并给出重要指标的权重,通过模糊综合评判法对其进行排序,优选出耕整地机具 3 种进行优劣排序。根据对设施蔬菜定园区作业规模、作业模式等信息的调研,确定备选机型,运用调查评测法对备选机型进行综合评价^[1],再通过试验获取相关数据分析运算,最后选出综合性能最好的机具型号。选型程序如图 1 所示^[2]。

1.2 评价指标及权重

根据行业标准 NY/T 1931—2010《农业机械先进性评价一般方法》相关内容,评价机具的综合性能,通常是对其适用性、经济性、操作维护保养方便性和人机关系进行综合分析。本研究以作业质量、作业效率、维护保养方便性、操作方便性、

收稿日期:2017-04-05

基金项目:江苏省农业科技自主创新资金[编号: CX(15)1039]。

作者简介:沈启扬(1984—),男,江苏启东人,硕士,工程师,主要从事设施农业机械化试验、示范、推广研究。E-mail: 13913990904@163.com。

[4]王燕平,王文平. 关于枣树病虫害防治技术的几点思考[J]. 黑龙江科技信息, 2016(34): 254.

[5]汪京京,张 武,刘连忠,等. 农作物病虫害图像识别技术的研究综述[J]. 计算机工程与科学, 2014, 36(7): 1363–1370.

[6]姚 青,张 超,王 正,等. 分布式移动农业病虫害图像采集与诊断系统设计与试验[J]. 农业工程学报, 2017, 33(增刊 1): 184–191.

[7]温芝元,曹乐平. 基于补偿模糊神经网络的脐橙不同病虫害图像识别[J]. 农业工程学报, 2012, 28(11): 152–157.

[8]刘同海,黄斌博,李少昆,等. 基于图像规则推理的玉米病虫害草害诊断系统的设计[J]. 中国农业大学学报, 2012, 17(4): 154–158.

[9]杨 青. 一种基于图像分析的玉米病虫害智能化识别方法[J].

江苏农业科学, 2014, 42(7): 128–130.

[10]田有文,程 怡,王小奇,等. 基于高光谱成像的苹果虫害检测特征向量的选取[J]. 农业工程学报, 2014, 30(12): 132–139.

[11]李 斌,张伟立,赵春江,等. 基于太赫兹光谱技术的山核桃内部虫害检测初步研究[J]. 光谱学与光谱分析, 2014, 34(5): 1196–1200.

[12]Cayuela J A, Weiland C. Intact orange quality prediction with two portable NIR spectrometers[J]. Postharvest Biology & Technology, 2010, 58(2): 113–120.

[13]Brusco M J, Singh R, Steinley D. Variable neighborhood search heuristics for selecting a subset of variables in principal component analysis[J]. Psychometrika, 2009, 74(4): 705–726.

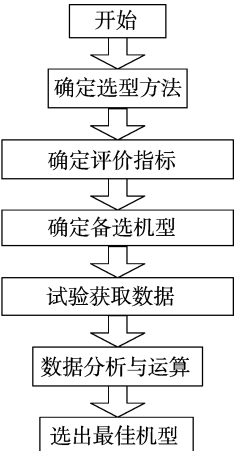


图1 机器选型流程

固定成本、运行成本、作业纯收入、安全性、通过性、舒适度 10 项具体指标建立机具综合评价指标(表 1)。

表 1 选型指标及权重

一级指标	权重	二级指标	权重
适用性	0.50	作业质量	0.60
		作业效率	0.40
经济性	0.15	固定成本	0.30
		运行成本	0.30
		作业纯收入	0.40
操作维护保养方便性	0.15	维护保养方便性	0.50
		操作方便性	0.50
人机关系	0.20	安全性	0.40
		舒适度	0.30
		通过性	0.30

1.3 评价模型

将机具适用性、经济性、操作维护保养方便性、人机关系等作为一级选型指标,再将各一级指标分为作业质量、作业效率、维护保养方便性、操作方便性、固定成本、运行成本、作业纯收入、安全性、通过性、舒适度等二级选型指标。() 内数字为不同的权重 λ , 对其进行定性评价, 分为好、较好、一般、较差、差 5 级, 给予对应的评价分值分别为 5、4、3、2、1。

计算第 q 个选型机具分值:

$$E_q = \sum_{i=1}^m \lambda_i \left(\sum_{j=1}^{n_i} \lambda_{ij} E_{ij} \right)。$$

式中: λ_i 为第 i 项一级指标权重; λ_{ij} 为第 i 项一级指标中第 j 项二级指标权重; E_{ij} 为第 i 项一级指标中第 j 项二级指标评分值; m 为一级指标总数; n_i 为第 i 项一级指标中二级指标总数。

根据计算得出的适用性评价分值构建评判向量 R_i , $R_i = [r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{im}]$, 组成矩阵 R :

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \cdots & r_{nm} \end{bmatrix}。$$

式中: m 为选型机具人数; n 为选型机具数目。

计算相应的评价指标的评判向量 B :

$$B = A \otimes R。$$

式中: $A = [a_1 \ a_2 \ \cdots \ a_n]$, 为各选型机具人员权重分值;“ \otimes ”为模糊算子, 此处表示矩阵相乘。

1.4 综合评判计算

根据调研掌握的省内设施蔬菜园区主要应用机具装备情况, 将设施蔬菜关键生产环节机具分为施肥、耕整地、移栽(播种)、植物保护等环节(由于起垄、铺膜环节并非所有蔬菜农艺需要, 而收获机械化水平较低, 因此不做机具选型)。请专家和园区用户对选型机具进行打分评价, 根据评价分数进行整理和公式方法计算, 得出各环节机具优劣排序情况, 从而筛选出合适作业机具。

建立备选机具:

$$N = \{n_i / i = 1, 2, \dots\}。$$

1.5 计算结果

1.5.1 计算评价分值 本次调研分别收集专家和园区用户建议各 3 人, 合计 6 人。经数据整理后, 按照机具编组计算公式, 得出结果见表 2, 即:

$$E_q = 0.5 \times (0.6 \times E_{ji} + 0.4 \times E_{jj}) + 0.15 \times (0.5 \times E_{ji} + 0.5 \times E_{jj}) + 0.15 \times (0.3 \times E_{ji} + 0.3 \times E_{jj} + 0.4 \times E_{jj}) + 0.2 \times (0.4 \times E_{ji} + 0.3 \times E_{jj} + 0.3 \times E_{jj})。$$

表 2 园区选型机具评价分值

机型	分值					
	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆
M1	3.825	3.835	4.360	3.725	4.345	3.850
M2	3.765	4.210	3.860	3.365	3.730	3.530
M3	4.090	3.345	3.855	3.170	2.960	3.490
S1	4.655	3.830	4.850	3.760	3.305	4.000
S2	4.560	3.900	3.385	3.955	3.620	3.590
T1	4.240	4.075	3.350	3.215	3.105	3.850
T2	4.200	4.200	3.850	4.035	3.925	4.200
T3	3.980	3.350	2.335	3.020	2.940	3.500
P1	3.505	3.805	4.580	3.515	3.805	3.575
P2	3.730	3.750	4.380	3.210	3.515	3.495
P3	4.050	4.000	4.490	3.835	3.975	3.750

注: M₁ 为黄海金马 300D 耕整机, M₂ 为东风 DF404B 耕整机, M₃ 为景田 TKC-750 微耕机; S₁ 为环流 MF1002 手扶式撒肥机, S₂ 为得利卡 DAM-101S 自走式撒肥机; T₁ 为井关 2ZY-2A(PVHR2-E18) 蔬菜移栽机, T₂ 为洋马 2ZQ-2(PF2R) 高速蔬菜移栽机, T₃ 为富来威 2ZB-1 蔬菜移栽机; P₁ 为惠林 3WZ-300S 手推式植保机, P₂ 为稼乐 3WBJ-16D 背负式植保机, P₃ 为筑水 3WZ-51 自走式植保机。F₁、F₂、F₃ 为专家评分, F₄、F₅、F₆ 为园区用户评分。

1.5.2 构造矩阵 R 综合考虑用户与专家的意见, 给出参与评价人员在本组机具选型过程中的权重分值:

$$A = [0.16 \ 0.12 \ 0.12 \ 0.24 \ 0.20 \ 0.16]；$$

$$R = \begin{bmatrix} 3.825 & 3.835 & 4.360 & 3.725 & 4.345 & 3.850 \\ 3.765 & 4.210 & 3.860 & 3.365 & 3.730 & 3.530 \\ 4.090 & 3.345 & 3.855 & 3.170 & 2.960 & 3.490 \\ 4.655 & 3.830 & 4.850 & 3.760 & 3.305 & 4.000 \\ 4.560 & 3.900 & 3.385 & 3.955 & 3.620 & 3.590 \\ 4.240 & 4.075 & 3.350 & 3.215 & 3.105 & 3.850 \\ 4.200 & 4.200 & 3.850 & 4.035 & 3.925 & 4.200 \\ 3.980 & 3.350 & 2.335 & 3.020 & 2.940 & 3.500 \\ 3.505 & 3.805 & 4.580 & 3.515 & 3.805 & 3.575 \\ 3.730 & 3.750 & 4.380 & 3.210 & 3.515 & 3.495 \\ 4.050 & 4.000 & 4.490 & 3.835 & 3.975 & 3.750 \end{bmatrix}。$$

1.5.3 计算求解得出模糊评判指数矩阵:

$$B=A\otimes R=[3.944,3.689\ 2,3.429\ 6,3.989\ 8,3.851\ 4,3.578\ 0,4.063\ 4,3.191\ 8,3.743\ 6,3.605\ 0,3.982\ 2]$$
。

1.6 选型结论

由此分析,参与选型的设施蔬菜关键生产环节机具评价结果为

$$M_1>M_2>M_3;$$
$$S_1>S_2;$$
$$T_2>T_1>T_3;$$
$$P_3>P_1>P_2。$$

结果表明,黄海金马 300D 耕整机>东风 DF404B 耕整机>璟田 TKC-750 微耕机;环流 MF1002 手扶式撒肥机>得利卡 DAM-101S 自走式撒肥机;洋马 2ZQ-2(PF2R)高速蔬菜移栽机>井关 2ZY-2A(PVHR2-E18)蔬菜移栽机>富来威 2ZB-1 蔬菜移栽机;筑水 3WZ-51 自走式植保机>惠林 3WZ-300S 手推式植保机>稼乐 3WBJ-16D 背负式植保机。其中,“>”表示优于。

2 设施蔬菜关键生产环节机具配备

2.1 配备原则

在完成设施蔬菜关键生产环节机具选型的基础上,对优

选出来的耕整地机具、施肥机具、种植机具、植保机具进行优化配备,从而取得最满意的追求目标。配置机型时,主要以设施蔬菜生产过程中的经济效益为研究对象,以蔬菜生产园区为例,确定影响设施蔬菜关键生产环节机具配备的主要因素与约束条件,按照作业成本最低、生产效益最大、动力配置最小的原则,构建蔬菜生产园区设施蔬菜机具系统配置的数学模型,并求的最优解。

2.2 案例分析

本研究以江苏省常熟市碧溪新区“菜篮子”工程蔬菜生产园区作为试验场地,前期调研碧溪蔬菜生产园区蔬菜面积 706 hm²,其中设施大棚 26 hm²,防虫网、遮阳网 10 万多 m²,节水灌溉 100 hm²,蔬菜连栋温室育苗中心 1 hm²,适合机械作业设施面积 26 hm²,现有农机装备保有量 50 多台,具体详见表 3。对园区甘蓝 1 年周期生产机械化工艺流程(表 4)和作业成本(表 5)进行调研分析,对设施甘蓝机械化育苗、施肥、耕整、移栽、植物保护等环节进行优化配备。其中收获环节全部依靠人工完成,育苗效率能完全满足园区需求,因此选取园区机械化率较高的耕整地、施肥、种植、植物保护 4 个环节开展效益分析,取机械平均作业效率进行计算,得出目前保有量下的机械作业成本。

表 3 园区主要农机具情况统计

机具名称	参考价格 (万元)	功率 (kW)	数量 (台)	机器总投资额 (万元)
璟田精密播种机	3.00		1	3.0
黄海金马 300D 耕整机	3.50	22.10	2	7.0
东风 DF404B 耕整机	4.20	29.40	2	8.4
环流 MF1002 手扶式撒肥机	3.00	2.06	1	3.0
得利卡 DAM-101S 自走式撒肥机	14.00	7.30	1	14.0
井关 2ZY-2A 蔬菜移栽机	7.80	1.50	1	7.8
洋马 2ZQ-2(PF2R)蔬菜移栽机	19.00	7.10	1	19.0
惠林 3WZ-300S 植保机	0.40	3.80	10	4.0
稼乐 3WBJ-16D 植保机	0.06		30	1.8

结果表明,园区设施甘蓝周年生产育苗、施肥、耕整地、移栽、植物保护等环节机械化水平较高。通过分析各环节机具价格、功率、数量、投资总额、年固定成本、可变成本等因素,综合甘蓝生产工艺流程得出:(1)机具作业总成本偏高;(2)耕整地、移栽、撒肥等环节存在一定机具闲置浪费现象;(3)设施大棚结构不一,造成机具通过性降低,导致作业效率降低。因此,园区在机具配备优化方面具有很大调整空间。

2.3 建立优化配备模型

2.3.1 作业量约束方程

$$\sum P_{ij}Y_{ij}\geq S_j;$$

式中: j 为作业环节; i 为机器型号; P_{ij} 为机具*i*在环节*j*作业时的班生产率; Y_{ij} 为机具*i*在环节*j*作业时的台班数; S_j 为*j*环节作业面积。

2.3.2 机具数量约束方程

$$\sum Y_{ij}\leq\theta_jT_jY_i;$$

式中: θ_j 为机具*i*在*j*环节可下地作业概率; T_j 为机具*i*在*j*环节可下地作业日历班次次; Y_i 为机具*i*数量。其中, $\theta=1$,因为设施农业不受天气影响,环境因素可控。

2.3.3 目标方程 本研究拟采用机器作业成本最小作为优化配备目标,作业成本主要由可变成本和固定成本 2 个部分组成^[3](表 5)。

$$\min B=B_{\text{变}}+B_{\text{固}};$$

式中: B 为作业总成本; $B_{\text{变}}$ 为机具可变成本; $B_{\text{固}}$ 为机具固定成本。

2.4 模型运算

2.4.1 设定变量

- Y_1 —环流 MF1002 手扶式撒肥机,台;
- Y_2 —得利卡 DAM-101S 自走式撒肥机,台;
- Y_3 —黄海金马 1GVF-125 多功能作业机,台;
- Y_4 —东风 1GQN-125 旋耕机,台;
- Y_5 —璟田 TKC-750 多功能田园管理机,台;
- Y_6 —井关 2ZY-2A 蔬菜移栽机,台;
- Y_7 —洋马 2ZQ-2 蔬菜移栽机,台;
- Y_8 —富来威 2ZB-1 蔬菜移栽机,台;
- Y_9 —筑水 3WZ-51 自走式植保机,台;
- Y_{10} —惠林植保机 3WZ-300S 手推式机动植保机,台;

表 4 园区设施甘蓝生产机械化工艺流程

项目	起止日期	历时	机具	作业量 (hm ²)	工作效率 (hm ² /h)
育苗	09-20—10-04	15	精密播种机	13.3	0.53
施肥	10-11—10-12	2	环流 MF1002 手扶式撒肥机	6.7	0.33
耕整地	10-14—10-18	5	得利卡 DAM-101S 自走式撒肥机	20.0	0.80
			黄海金马 300D+1GVF-125 多功能作业机	13.3	0.13
			东风 DF404B+1GQN-125	26.7	0.11
移栽	10-20—11-04	15	璟田 TKC-750 多功能田园管理机	13.3	0.05
			井关 2ZY-2A 蔬菜移栽机	13.3	0.07
			洋马 2ZQ-2 蔬菜移栽机	13.3	0.20
植保	11-05—12-20	45	富来威 2ZB-1 蔬菜移栽机	13.3	0.05
			惠林植保机 3WZ-300S 手推式机动植保机	40.0	0.23
			稼乐植保机 3WBJ-16D 背负式静电喷雾器	40.0	0.10
收获	12-27—01-11	15	筑水 3WZ-51 自走式植保机	40.0	0.23
			人工(10 人)	13.3	0.03
			精密播种机	13.3	0.53
育苗	03-01—03-15	15	精密播种机	13.3	0.53
施肥	03-22—03-23	2	环流 MF1002 手扶式撒肥机	6.7	0.33
耕整地	03-25—03-29	5	得利卡 DAM-101S 自走式撒肥机	20.0	0.80
			黄海金马 300D+1GVF-125 多功能作业机	13.3	0.13
			东风 DF404B+1GQN-125	26.7	1.60
移栽	04-01—04-14	15	璟田 TKC-750 多功能田园管理机	13.3	0.11
			井关 2ZY-2A 蔬菜移栽机	13.3	0.07
			洋马 2ZQ-2 蔬菜移栽机	13.3	0.20
植保	04-03—05-25	45	富来威 2ZB-1 蔬菜移栽机	13.3	0.05
			筑水 3WZ-51 自走式植保机	40.0	0.23
			惠林植保机 3WZ-300S 手推式机动植保机	40.0	0.10
收获	06-01—06-14	15	稼乐植保机 3WBJ-16D 背负式静电喷雾器	40.0	0.03
			人工(10 人)	13.3	0.03

表 5 机器作业成本

机器型号	年固定成本 (元/年)	可变成本 (元/hm ²)
环流 MF1002 手扶式撒肥机	352	140
得利卡 DAM-101S 自走式撒肥机	835	280
黄海金马 1GVF-125 多功能作业机	372	227
东风 1GQN-125 旋耕机	434	383
璟田 TKC-750 多功能田园管理机	257	208
洋马 2ZQ-2 蔬菜移栽机	4 880	180
井关 2ZY-2A 蔬菜移栽机	5 580	184
富来威 2ZB-1 蔬菜移栽机	2 460	210
筑水 3WZ-51 自走式植保机	245	107
惠林植保机 3WZ-300S 手推式机动植保机	450	125
稼乐植保机 3WBJ-16D 背负式静电喷雾器	103	97

Y_{11} —稼乐植保机 3WBJ-16D 背负式静电喷雾器,台;
 Y_{12} —黄海金马 300D 拖拉机,台;
 Y_{13} —东风 DF404B 拖拉机,台;
 Y_{14} —环流 MF1002 手扶式撒肥机作业台班数,班;
 Y_{15} —得利卡 DAM-101S 自走式撒肥机作业台班数,班;
 Y_{16} —黄海金马 1GVF-125 多功能作业机作业台班数,班;
 Y_{17} —东风 1GQN-125 旋耕机作业台班数,班;
 Y_{18} —璟田 TKC-750 多功能田园管理机作业台班数,班;
 Y_{19} —井关 2ZY-2A 蔬菜移栽机作业台班数,班;

Y_{20} —洋马 2ZQ-2 蔬菜移栽机作业台班数,班;
 Y_{21} —富来威 2ZB-1 蔬菜移栽机作业台班数,班;
 Y_{22} —筑水 3WZ-51 自走式植保机作业台班数,班;
 Y_{23} —惠林植保机 3WZ-300S 手推式机动植保机作业台班数,班;
 Y_{24} —稼乐植保机 3WBJ-16D 背负式静电喷雾器作业台班数,班。

2.4.2 建立作业量约束方程

施肥环节(10 月 11 日—10 月 12 日,共 2 d):
 $3.3Y_{14}+8Y_{15} \geq 27$;
耕整地环节(10 月 14 号—10 月 18 号,共 5 d):
 $1.3Y_{16}+1.1Y_{17}+0.53Y_{18} \geq 40$;
种植环节(10 月 20 日—11 月 4 日):
 $0.7Y_{19}+2Y_{20}+0.53Y_{21} \geq 27$;
植保环节(11 月 5 日—12 月 20 日):
 $2.4Y_{22}+2.4Y_{23}+Y_{24} \geq 54$ 。

2.4.3 建立机器数量约束方程

$Y_{14} \leq 2Y_1$;
 $Y_{15} \leq 2Y_2$;
 $Y_{16} \leq 5Y_3$;
 $Y_{17} \leq 5Y_4$;
 $Y_{18} \leq 5Y_5$;
 $Y_{19} \leq 60Y_6$;
 $Y_{20} \leq 60Y_7$;

$$Y_{21} \leq 60Y_8;$$

$$Y_{22} \leq 30Y_9;$$

$$Y_{23} \leq 30Y_{10};$$

$$Y_{24} \leq 30Y_{11};$$

$$Y_3 + Y_4 \leq Y_{12} + Y_{13}。$$

2.4.4 建立非负约束方程

$$Y_1 \geq 0;$$

$$Y_2 \geq 0;$$

$$Y_3 \geq 0;$$

$$Y_4 \geq 0;$$

$$Y_5 \geq 0;$$

$$Y_6 \geq 0;$$

$$Y_7 \geq 0;$$

$$Y_8 \geq 0;$$

$$Y_9 \geq 0;$$

$$Y_{10} \geq 0;$$

$$Y_{11} \geq 0;$$

$$Y_{12} \geq 0;$$

$$Y_{13} \geq 0。$$

2.4.5 建立目标方程与求解 $\min B = B_{\text{固}} + B_{\text{变}} = 352Y_1 + 835Y_2 + 372Y_3 + 434Y_4 + 257Y_5 + 5\ 580Y_6 + 4\ 880Y_7 + 2\ 460Y_8 + 245Y_9 + 450Y_{10} + 103Y_{11} + 1\ 560Y_{12} + 2\ 100Y_{13} + 140 \times 3.3Y_{14} + 280 \times 8Y_{15} + 227 \times 1.3Y_{16} + 383 \times 1.1Y_{17} + 208 \times 0.58Y_{18} + 184 \times 0.7Y_{19} + 180 \times 2Y_{20} + 210 \times 0.58Y_{21} + 107 \times 2.4Y_{22} + 125 \times 2.4Y_{23} + 97 \times Y_{24}。$

本研究利用 Matlab 规划求解加载宏模块对方程求解,求解结果如下:

$$Y_1 = 1.2;$$

$$Y_2 = 0;$$

$$Y_3 = 2.3;$$

$$Y_4 = 1.1;$$

$$Y_5 = 0;$$

$$Y_6 = 0;$$

$$Y_7 = 0.9;$$

$$Y_8 = 0;$$

$$Y_9 = 1.2;$$

$$Y_{10} = 0;$$

$$Y_{11} = 1.1;$$

$$Y_{12} = 2.3;$$

$$Y_{13} = 1.1;$$

$$Y_{14} = 1.8;$$

$$Y_{15} = 0;$$

$$Y_{16} = 4.8;$$

$$Y_{17} = 4.6;$$

$$Y_{18} = 0;$$

$$Y_{19} = 0;$$

$$Y_{20} = 14.3;$$

$$Y_{21} = 0;$$

$$Y_{22} = 44.6;$$

$$Y_{23} = 0;$$

$$Y_{24} = 0;$$

$$\min B = 27\ 979.8。$$

在实际生产中机具数量必须为整数,所以应对 $Y_1 \sim Y_{13}$ 结果进行取整,取整后数据如下所示:

$$Y_1 = 2;$$

$$Y_2 = 0;$$

$$Y_3 = 3;$$

$$Y_4 = 2;$$

$$Y_5 = 0;$$

$$Y_6 = 0;$$

$$Y_7 = 1;$$

$$Y_8 = 0;$$

$$Y_9 = 2;$$

$$Y_{10} = 0;$$

$$Y_{11} = 2;$$

$$Y_{12} = 3;$$

$$Y_{13} = 2。$$

综上所述,碧溪园区机具配备为环流 MF1002 手扶式撒肥机 2 台;黄海金马 1GVF-125 多功能作业机 3 台;东风 1GQN-125 旋耕机 2 台;洋马 2ZQ-2 蔬菜移栽机 1 台;筑水 3WZ-51 自走式植保机 2 台;黄海金马 300D 拖拉机 3 台;东风 DF404B 拖拉机 2 台。将取整后数据带入目标方程计算可得 $\min B = 27\ 979.8$ 元 $\times 2$ 季 = 55 959.6 元,通过前文分析可知,优化前园区总作业成本为固定成本 + 可变成本 = 31 936 元 + 64 230 元 = 96 166 元,优化后节约成本 40 206.4 元,节本效果明显,因此该优化方案切实可行。

3 结论

本研究选取设施蔬菜中典型代表甘蓝的关键生产环节所用机具作为优化设施农业生产方式的突破口,以江苏省典型设施农业园区常熟碧溪现代农业生态园作为试验基地,研究分析适合江苏省设施蔬菜种植机具的选型系统及相关作业环节的机具配备,较全面地考虑了设施甘蓝整个生产阶段是为作业量和机具的配备,也考虑到了各个生产阶段的合理衔接和搭配,综合权衡了各项作业对机器的需求,选型计算结果与机具使用者的评价基本一致。通过对比优化前后机具配备数量及作业成本,在按时完成生产任务的前提下,大幅度降低了作业成本,实现了园区设施蔬菜栽培节本增效的目标,为江苏省其它设施蔬菜园区提供参考。

参考文献:

- [1]何瑞银. 农业机器系统优化模型与水稻种植区典型系统评价的研究[D]. 南京:南京农业大学,2008.
- [2]高庆生. 江苏省设施辣椒栽培旋耕机具选型与配备研究[D]. 合肥:安徽农业大学,2014.
- [3]朱亚东. 黄海农场农业机器选型与配备的研究[D]. 南京:南京农业大学,2009.