

朱 浩,刘兴国,吴宗凡,等. 基于主成分分析法的底质改良机运行效果评价[J]. 江苏农业科学,2015,43(10):468-471.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.10.145

# 基于主成分分析法的底质改良机运行效果评价

朱 浩<sup>1,2</sup>, 刘兴国<sup>1</sup>, 吴宗凡<sup>1</sup>, 王小冬<sup>1</sup>, 程果锋<sup>1</sup>, 顾兆俊<sup>1</sup>

(1. 中国水产科学研究院渔业机械仪器研究所, 上海 200092; 2. 农业部渔业装备与工程重点开放实验室, 上海 200092)

**摘要:**为研究不同运行时间条件下,底质改良机对池塘水质、底质中营养盐的影响,对池塘水质、底质 10 个营养盐指标进行测定,利用主成分分析法建立了底质改良机运行效果综合评价模型。结果表明,底质改良机主要影响底泥向水体中氮、磷营养盐的释放,其次影响水中有机物的浓度。根据各主成分得分值和方差贡献率进一步分析,底质改良机累积运行 6 h 后,运行效果最好。

**关键词:**底质改良;主成分分析;总氮;总磷

**中图分类号:** S969.1    **文献标志码:** A    **文章编号:** 1002-1302(2015)10-0468-03

底质改良机是近年新研制的一种用于改善淡水养殖池塘底质和水质的渔业机械设备<sup>[1-3]</sup>,主要利用光能在水产养殖生产季节将淡水池塘底部泥水混合物提升至池塘表层,从而利用淡水池塘底泥沉积物中的营养盐供池塘表层水体中藻类光合作用;一是改善了淡水池塘底部的厌氧环境,促进氮、磷营养盐的释放;二是提高池塘水体中的藻细胞密度,从而提高了池塘的初级生产力。目前,对底质改良机的研究尚处在初级阶段,对其运行效果评价还仅限于对水体中营养盐的初步分析<sup>[4]</sup>;深入分析底质改良机运行效果极为重要,对底质改良机的推广和应用具有重要意义。

主成分分析法是将原来的变量重新组成一组新的互相无关的几个综合变量来代替原来变量,利用几个较少的综合变量反映原来变量的一种统计方法,从而达到降维目的;主成分分析已广泛应用在许多领域<sup>[5-7]</sup>。本研究通过对池塘水质和底质营养盐的客观统计分析,利用主成分分析法来科学评价底质改良机运行效果,以为底泥改良机进一步研究提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

底质改良机为中国水产科学研究院渔业机械仪器研究所自行研制,主要由水面行走装置和提水装置组成(图 1),水面行走装置沿钢丝绳索做来回双向的直线运动,提水装置围水面行走装置做圆周运动,从而使得底质改良机在池塘表面形成螺旋状的运动轨迹(图 2)。

试验在中国水产科学研究院池塘生态工程研究中心进行。选取标准化养殖池塘作为试验塘,池塘长 50 m、宽 100 m、深 1.7 m,主养鳊鱼成鱼,配养草鱼、鲢鱼、鳙鱼。试验期间池塘正常投喂饲养。



图1 底泥扰动装置

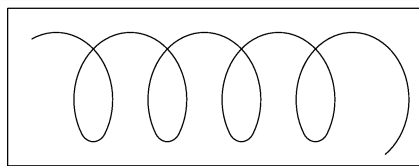


图2 底泥扰动装置运动轨迹

### 1.2 试验方法

选择天气光照较好的时间,每个晴天上午(08:30 左右)开启底质改良机,每累计运转 3 h 后用有机玻璃采水器采集水样。具体运行时间见表 1。

采样点确定:试验池中选择 3 个样点,3 个样点均匀分布在改良机的运行轨迹上。

水样采集:分表层、中层、底层 3 层采样,利用 2.5 L 有机玻璃采水器采集 3 层的水样后混合,3 层水样的均匀混合样作为各个样点的水样。每次采得水样用 2 个 0.5 L 采样瓶收集,一瓶用鲁哥试剂固定后带回实验室分析藻细胞密度,另一瓶用于分析水中营养盐浓度。

### 1.3 指标测定

采得水样的保存及处理严格按照《水和废水监测方法(第 4 版)》<sup>[8]</sup>执行。测定水质指标包括水中氨氮( $\text{NH}_3\text{-N}$ )、亚硝态氮( $\text{NO}_2\text{-N}$ )、总氮(TN)、溶解性总氮(DTN)、总磷(TP)、溶解性总磷(DTP)、活性磷(SPR)、化学需氧量(COD),底泥中 TN、A-P。 $\text{NH}_3\text{-N}$  采用纳氏试剂光度法测定, $\text{NO}_2\text{-N}$  采用  $N-(1\text{-萘基})\text{-乙二胺}$  光度法测定,DTN 采用过硫酸钾氧化法测定,TP 和 DTP 采用钼黄法测定,SPR、COD 采用 HACH 试剂盒测定。

收稿日期:2014-11-26

基金项目:公益性行业(农业)科研专项(编号:201203083);“十二五”国家科技支撑计划(编号:2012BAD25B01)。

作者简介:朱 浩(1985—),男,江苏句容人,助理研究员,主要从事池塘生态工程方面的研究。E-mail:zhuha0511@163.com。

通信作者:刘兴国,研究员。E-mail:liuxg1223@163.com。

表 1 底质改良机运行时间

运行天数(d)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
累计运行时间(h)	6	12	15	21	24	30	—	36	39	42	—	—	45	—	48	51	54

注:“—”表示阴天,底质改良机不工作。

1.4 数据分析

使用 Excel 软件进行数据的初步统计处理,应用统计分析软件 SPSS 13.0 进行主成分分析并按分值大小进行排序。

2 结果与分析

2.1 不同运行时间下底质改良机对池塘水质、底质营养盐的影响

底质改良机对池塘水体和底泥中营养盐的影响见表 2,随着底质改良机累积运行时间的延长,池塘水体中的氨氮、亚硝态氮、总氮、溶解性总氮、COD 均有不同程度的增长。与

0 h 相比,设备运行 54 h 后池塘水体中 NH<sub>3</sub> - N 值增加了 220%、NO<sub>2</sub> - N 值增加了 957%、TN 值增加了 34%、DTN 值增加了 46%、COD 值增加了 28%,而水体中总磷、溶解性总磷、活性磷,池塘底质中总氮和速效磷均有不同程度下降,与 0 h 相比,设备运行 54 h 后水体中 DTP 值降低了 36%、活性磷降低了 12%,池塘底质中 TN 降低了 82%、速效磷降低了 19%。水体中 TP 值变化不大,与 0 h 相比,设备运行 54 h 后水体中 TP 增加了 11%。表明底质改良机在养殖池塘中运行一段时间后,能够促进池塘底泥中营养的释放,提高养殖水体中营养盐的指标,并且氮的释放效率明显高于磷的释放效率。

表 2 底质改良机对池塘水质、底质的影响

累计运行时间(h)	水质(mg/L)					底质				
	氨氮	亚硝态氮	总氮	溶解性总氮	总磷	溶解性总磷(mg/L)	活性磷(mg/L)	COD(mg/L)	总氮(g/kg)	速效磷(mg/kg)
0	0.20	0.01	3.13	2.80	1.51	1.23	0.78	41.67	0.11	18.00
3	0.19	0.01	3.43	3.50	1.55	1.45	0.79	41.00	0.09	16.23
6	0.50	0.05	3.33	3.30	1.88	1.45	1.11	49.67	0.19	18.40
9	0.31	0.14	3.57	4.00	1.61	1.63	1.00	42.67	0.05	17.10
12	0.53	0.14	3.17	3.00	1.65	1.34	0.94	52.00	0.06	17.00
15	0.48	0.12	3.50	2.90	2.21	1.46	1.16	47.00	0.02	19.90
18	0.55	0.11	3.57	3.60	1.84	1.41	0.83	43.33	0.03	13.90
21	0.56	0.10	4.33	3.00	1.71	1.27	0.66	40.00	0.02	14.70
24	0.64	0.09	3.63	3.00	1.97	1.11	0.99	45.67	0.08	12.73
27	0.66	0.10	3.60	3.80	1.88	0.99	0.67	42.00	0.02	11.87
30	0.65	0.09	3.23	3.80	1.77	1.00	0.70	47.33	0.05	15.37
33	0.66	0.11	3.77	3.30	1.61	1.01	0.70	40.33	0.07	11.83
36	0.63	0.11	3.57	3.00	1.65	0.71	0.52	42.33	0.03	15.23
39	0.65	0.12	3.87	3.70	1.55	0.94	0.60	43.33	0.03	14.40
42	0.85	0.13	3.57	3.60	1.53	0.81	0.40	46.33	0.03	15.40
45	0.63	0.13	3.70	3.20	1.51	0.82	0.43	48.00	0.03	15.57
48	0.58	0.16	3.43	3.80	1.42	0.72	0.63	47.00	0.05	14.90
51	0.47	0.14	3.70	3.50	1.68	1.06	0.85	57.33	0.03	15.63
54	0.65	0.13	4.19	4.10	1.67	0.79	0.69	53.33	0.02	14.57

2.2 主成分分析

利用不同运行时间的池塘水体中营养盐指标为样本,以 10 个营养盐指标的标准化值来进行样本分析,在数据分析时利用 SPSS 软件 analyze 菜单中的 factor 过程进行主成分分析得到特征值和特征向量(表 3),从表 3 可以看出,第 1 主成分的贡献率为 39.161%,第 2 主成分的贡献率为 17.081%,第 3 主成分的贡献率为 12.903%;前 3 个指标的累计方差贡献率达到了 69.146%,表明这 3 个指标已经包含了原始样本矩阵中 69.146%的信息,可以说明底质改良机运行效果评价。

各主成分线性表达式中原始指标的系数取相应特征值对应的正规化单位特征向量即可。因此,构造 3 个主成分 F<sub>1</sub>、F<sub>2</sub> 和 F<sub>3</sub> 如下所示:

$$F_1 = -0.388X_1 - 0.326X_2 - 0.292X_3 - 0.224X_4 + 0.181X_5 + 0.413X_6 + 0.398X_7 - 0.032X_8 + 0.355X_9 + 0.345X_{10};$$
$$F_2 = 0.189X_1 + 0.448X_2 + 0.094X_3 + 0.086X_4 + 0.483X_5 + 0.132X_6 + 0.393X_7 - 0.519X_8 - 0.207X_9 + 0.171X_{10};$$

表 3 特征值和主成分贡献率及累计贡献率

主成分	特征值	方差贡献率(%)	累积方差(%)
1	3.916	39.161	39.161
2	1.708	17.081	56.242
3	1.290	12.903	69.146
4	0.984	9.839	78.985
5	0.795	7.952	86.937
6	0.551	5.509	92.446
7	0.338	3.376	95.822
8	0.283	2.826	98.648
9	0.118	1.182	99.830
10	0.017	0.170	100.000

$$F_3 = -0.093X_1 + 0.138X_2 - 0.417X_3 + 0.216X_4 - 0.489X_5 - 0.227X_6 - 0.134X_7 + 0.533X_8 + 0.195X_9 + 0.347X_{10}。$$

从表 4 可以看出,在第 1 主成分的特征向量中,特征向量值较高且为正的 营养盐指标有水中溶解性总磷、水中活性磷、

底质总氮、底质速效磷。特征向量值较高且为负的营养盐指标有水中氨氮、水中亚硝态氮。在第 2 主成分的特征向量中,特征向量值较高且为正的营养盐指标有水中 COD、水中总磷,而总方差 50% 以上的贡献来自第 1 主成分和第 2 主成分,可以认为底质改良机对池塘水中溶解性总磷、水中活性磷、底质总氮、底质速效磷、水中氨氮、水中亚硝态氮和水中 COD 影响较大。

表 4 主成分载荷矩阵			
水质与底质	主成分		
	1	2	3
水中氨氮	-0.769	0.248	-0.106
水中亚硝态氮	-0.646	0.586	0.157
水中总氮	-0.577	0.123	-0.474
水中溶解性总氮	-0.443	0.113	0.245
水中总磷	0.359	0.631	-0.556
水中溶解性总磷	0.817	0.172	-0.258
水中活性磷	0.787	0.514	-0.152
水中 COD	-0.064	0.678	0.605
底质总氮	0.702	-0.271	0.222
底质速效磷	0.682	0.224	0.394

第 1 主成分贡献最大的是水中溶解性总磷,负荷量为 0.817,其次是水中活性磷、底质总氮、底质速效磷,负荷量为 0.787、0.702、0.682,可以认为,第 1 主成分基本代表是水中溶解性总磷、水中活性磷、底质总氮、底质速效磷。第 2 主成分贡献最大的是水中 COD、水中总磷,负荷量为 0.678、0.631,可以认为,第 2 主成分基本代表是水中 COD 和水中总磷。第 3 主成分贡献最大的是水中 COD,负荷量为 0.605,可以认为,第 3 主成分基本代表是水中 COD。

将各特征向量数据中心化和标准化后,各主成分得分见表 5,第 1 主成分得分最高的是底质改良机累积运行 0 h,第 2 主成分得分最高的是底质改良机累积运行 24 h,第 3 主成分得分最高是底质改良机累积运行 51 h,根据各主成分得分值和表 3 中方差贡献率,可以得到底质改良机在不同累计运行时间条件下的总得分(表 5),底质改良机在累计运行 6 h 后,得分最高,对池塘水质、底质营养盐的影响最大。

3 讨论与结论

从不同运行时间下,底质改良机对池塘水质、底质营养盐的影响来看,底质改良机能够有效地提高水体中氨氮、亚硝态氮、总氮、溶解性总氮 COD,降低水体中总磷,溶解性总磷、活性磷,并且降低池塘底质中总氮和速效磷。总体来说,氮营养盐呈上升趋势,磷营养盐呈下降趋势,相关研究表明,对池塘底部泥水混合物的扰动可以促进底泥中营养盐的释放<sup>[9]</sup>,但也有研究表明,对池塘底部泥水混合物的扰动加速了微生物对营养盐的转化作用,降低水体中营养盐指标<sup>[10]</sup>,池塘水体中的营养盐释放和聚集取决于扰动频率和扰动量<sup>[11]</sup>,本研究底质改良机旨在扰动水体促进底质中营养盐的释放,提高水体中营养盐,促进浮游植物的生长。

底质改良机主要目的是为了解决池塘养殖底质污染问题和提高养殖投入物质的转化效率<sup>[3,11]</sup>,池塘水质和底质营养盐指标是底质改良机性能的量化指标,本研究主成分分析结果表明,底质改良机对池塘水质、底质中营养盐的影响主要集

表 5 各主成分得分和排序					
累计运行时间(h)	主成分			总得分	得分排名
	1	2	3		
0	2.086 8	-0.687 9	-1.547 2	0.500 1	4
3	1.342 8	-0.383 1	-1.659 3	0.246 3	7
6	1.803 8	0.988 2	0.129 9	0.891 9	1
9	0.548 0	0.559 9	0.181 7	0.333 7	6
12	1.010 7	0.389 9	1.203 2	0.617 7	2
15	-0.015 2	2.654 1	0.580 1	0.522 3	3
18	-0.612 1	0.774 1	-0.373 8	-0.155 7	11
21	-1.431 0	0.569 8	-1.387 9	-0.642 2	18
24	-0.691 7	1.172 3	-0.561 2	-0.143 0	10
27	-1.272 7	0.135 1	-0.589 7	-0.551 4	16
30	0.247 2	-0.319 8	0.478 0	0.103 9	8
33	-0.895 0	-0.367 6	-1.078 7	-0.552 5	17
36	-0.435 8	-0.764 2	-0.451 6	-0.359 5	14
39	-0.723 0	-0.711 0	-0.136 5	-0.422 2	15
42	-0.437 3	-1.302 5	0.609 2	-0.315 1	13
45	-0.170 3	-1.138 6	0.439 1	-0.204 5	10
48	0.275 4	-1.459 7	0.991 1	-0.013 6	9
51	0.266 2	0.191 0	1.803 2	0.369 5	5
54	-0.896 7	-0.300 1	1.370 5	-0.225 6	12

中在前 3 个主成分,第 1 主成分反映底质改良机对氮磷营养盐的影响,第 2 主成分反映底质改良机对水中有机物的影响。表明底质改良机对池塘溶解性总磷、水中活性磷、底质总氮、底质速效磷、水中氨氮、水中亚硝态氮、水中 COD 影响较大,底质改良机主要影响了底泥向水体中氮磷营养盐的释放,其次是底质改良机对水中有机物浓度的影响。

为使研究的结果具有较强的代表性和有较好的推广应用价值,研究中选取的运行时间较长,所考察的水质、底质营养盐之间关系复杂,如何量化底质改良机不同运行时间条件下运行效果的综合评价比较困难,本试验通过对不同运行时间条件下底质改良机对水体及底泥中营养盐影响进行主成分分析,从 10 种营养盐中提取了 3 个主成分,建立综合评价模型计算底质改良机对水体及底泥中营养盐影响的综合评价得分,综合评价得分高低表明了底质改良机在不同运行时间条件下的效果,最终得出底质改良机累积运行 6 h 后,运行效果最好。

参考文献:

[1]田昌凤,刘兴国,张拥军,等. 池塘底质改良机的研制[J]. 上海海洋大学学报,2013,22(4):616-622.

[2]刘兴国,徐皓,张拥军,等. 池塘移动式太阳能水质调控机研制与试验[J]. 农业工程学报,2014,30(19):1-10.

[3]程果锋,刘世晶,田昌凤,等. 太阳能池塘底质改良机的机械性能研究[J]. 渔业现代化,2013,40(3):31-36.

[4]田昌凤,吴宗凡,朱浩,等. 太阳能池塘底质改良机运行效果初步研究[J]. 渔业现代化,2013,40(2):6-11.

[5]Lib Y, Weim B, Shen A L, et al. Changes of yields, soil. Properties and micro nutrients as affected by 17-yr fertilization treatments[J]. Journal of Food, Agriculture and Environment, 2009, 7(3/4):408-413.

[6]Yin Y, Tian X. Classification of Chinese drinks by a gas sensors array and combination of the PCA with wicks distribution[J]. Sensors and

张 静,郭 辉,韩长杰,等. 新疆玉米主栽区机具优化配备研究[J]. 江苏农业科学,2015,43(10):471-473.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.10.146

# 新疆玉米主栽区机具优化配备研究

张 静<sup>1</sup>,郭 辉<sup>1</sup>,韩长杰<sup>1</sup>,杨宛章<sup>2</sup>

(1. 新疆农业大学机械交通学院,新疆乌鲁木齐 830052;2. 新疆农业大学新疆农业机械化发展研究中心,新疆乌鲁木齐 830052)

**摘要:**农业机械系统的配备是农业机械化生产管理的最基本任务,结合新疆玉米主栽区的机械化生产工艺,以适时性损失和作业成本之和最小为目标,采用非线性规划法对温泉县农业生产机具进行优化配备,确定机具优化配备方案,并与线性规划模型进行了对比分析,证明了方案的可行性。以此制定了不同规模下的机具配备方案,以期新疆玉米机械化规模种植和机具优化配置提供理论参考。

**关键词:**玉米;优化配备方案;机具;非线性;新疆

**中图分类号:** S223 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)10-0471-03

玉米是新疆地区的主要农作物之一,具有粮、经、果、饲、能等多元用途,是畜牧养殖业的基础和支柱,也是重要的工业原料,在全疆分布范围极广,种植面积和产量仅次于小麦和棉花,约占全区粮食播种面积的 28%,占粮食总产量的 40% 以上,是新疆第 2 大粮食作物、第 3 大农作物<sup>[1]</sup>。目前,新疆种植业以一家一户、分散经营的方式为主,无法形成规模化种植;且由于各地区农作物生长条件、农艺要求和种植规模存在一定的差异,出现机具盲目配备的现象,使得农业机械无法发挥作用,导致动力机械过剩、农业机械利用率低等,既浪费了生产资源,又增加了作业成本。要提高种植业规模化经营的生产效益,需要合理农业机械装备的支撑,且只有实现机械化系统的规模化、合理化经营,才能保证农业机械按时完成生产任务,提高农业机械利用率。鉴于当前新疆各玉米产区在选择玉米生产农业机器系统方案时往往难以取舍,本研究拟以新疆玉米的主栽区和优势区——温泉县为研究对象,借鉴国内外成功经验,对春播玉米机械化生产系统进行优化配置研究,以解决生产过程中实际运用的机器系统配备优化的关键问题。

## 1 温泉县农业生产工艺

农业生产工艺过程就是指从生产准备开始,按照一定的农业技术要求,对耕、耙、播、管、收等作业环节采取的措施和方法<sup>[2]</sup>。一个地区进行机械系统优化配备,最根本的依据是当地农业机械化生产作业工艺流程。温泉县农作物总播种面

积约 3.33 万  $\text{hm}^2$ ,主要农作物有玉米、小麦、甜菜和油料作物等,实行一年一熟制。根据温泉县的气候条件、自然资源、生产特点以及农户生产作业习惯等多方面的因素,制定温泉县小麦和玉米全年机械化生产作业流程。考虑到部分作业与玉米作业相互关联,因此可将此部分列入小麦工艺流程中。图 1、图 2 分别为温泉县主要农作物冬小麦、春播玉米 2 种作物的机械化生产工艺。

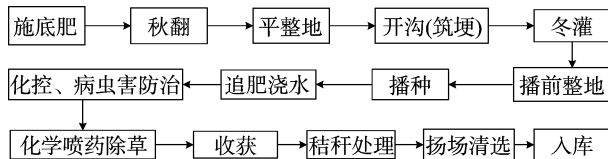


图1 冬小麦生产工艺流程

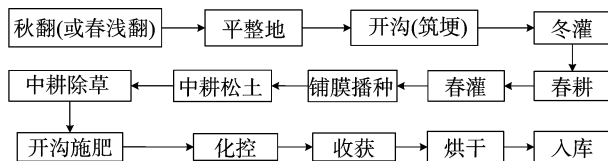


图2 春玉米生产工艺流程

依据以上生产工艺,制定出田间全年机械化工艺方案,共有 14 项作业。采用加速遗传算法进行投影寻踪分类建模<sup>[3]</sup>,评选出适合当前生产条件的 4 种大中型拖拉机作为动力机械,即东方红 LX1304、福田雷沃 M1854-G、约翰·迪尔 JD1204 和约翰·迪尔 JDTN854,共配备 8 种农机具。

## 2 优化配备模型的建立

以作业时间、机器配备量、机组完成作业的台班数为决策

收稿日期:2014-10-28

作者简介:张 静(1989—),男,湖北天门人,硕士,研究方向为农业机械化工程。E-mail:15099106986@163.com。

通信作者:杨宛章,教授,研究方向为农业机械化工程。E-mail: ywzuser@163.com。

Actuators, B, 2007, 124(2):393-397.

[7] Probola G, Zander L. Application of PCA method for characterisation of textural properties of selected ready-to-eat meat products[J]. Journal of Food Engineering, 2007, 83(1):93-98.

[8] 魏复盛. 水和废水监测分析方法[M]. 4版. 北京:中国环境科学出版社, 2002.

[9] 罗澈葱, 秦伯强, 胡维平, 等. 不同水动力扰动下太湖沉积物的悬浮特征[J]. 湖泊科学, 2004, 16(3):273-276.

[10] 李大鹏, 黄 勇, 李伟光, 等. 底泥扰动对上覆水中磷形态分布的影响[J]. 环境科学学报, 2009, 29(2):279-284.

[11] 刘兴国. 池塘养殖污染与生态工程化调控技术研究[D]. 南京:南京农业大学, 2011.