

文章编号: 1674 - 7054(2010)02 - 0150 - 08

世界香蕉生产发展趋势预测分析

刘光华¹, 张锡炎², 张文军³

(1. 广东农工商职业技术学院, 广东 广州 510507; 2. 海南绿晨香蕉研究所, 海南 海口 570216;

3. 中山大学 生命科学学院, 广东 广州 510275)

摘要: 根据历史资料, 利用预测模型, 对世界各地及有关国家的香蕉生产状况进行了中长期预测分析, 同时, 对各地区及这些国家的香蕉生产进行比较研究, 给出了反映香蕉生产发展模式优劣性的一种指标, 即发展效率, 发展效率是环境与发展相结合的指标。美国与澳大利亚均属于以单产增长为主的高效率香蕉生产国家, 其发展效率远高于发达国家平均水平。哥斯达黎加的发展效率也明显高于其他国家, 其次是萨尔瓦多、波多黎各和尼加拉瓜, 这4个国家的香蕉生产发展效率远高于拉美与加勒比地区的平均水平。东南亚4国印度尼西亚、泰国、菲律宾及越南居中。印度与中国的发展效率虽高于亚洲平均水平, 但相对上述国家而言仍处于劣势。中国的香蕉生产效率目前仍处于偏下水平, 属于较粗放的类型。因此, 亟待调整或改进香蕉生产模式。

关键词: 香蕉生产; 预测; 发展趋势; 发展模式; 总产; 单产; 面积; 世界

中图分类号: S 668.1

文献标志码: A

香蕉是世界3大水果之一, 是鲜果类中销售量最大的水果。2005年, 全世界香蕉鲜果年总产超过了7 200万t^[1]。传统上, 亚洲、拉美与加勒比地区是世界香蕉的主产区。近年来, 拉美与加勒比地区在世界香蕉生产中的比重相对下降, 与此同时, 亚洲香蕉生产得到了长足发展, 栽培面积增加, 产量也不断提高。亚洲国家在香蕉生产中的主导地位越来越明显^[2]。长期以来, 印度一直是世界香蕉生产第一大国, 并且占世界总产量的比例也是逐年提高, 特别是菲律宾、中国、泰国及越南的种植面积发展很快, 现已超过了哥斯达黎加等拉美与加勒比国家^[2]。中国是香蕉起源地之一, 也是世界上栽培香蕉历史最悠久的国家之一, 目前是世界第四大香蕉生产国^[3], 2005年总产达到了639万t。随着人们生活水平的提高, 对香蕉的需求量将会逐步增加, 进出口贸易也必将不断发展。因此, 对香蕉产业的各方面展开全面深入细致的研究, 将会从根本上促进中国乃至世界香蕉产业的发展。

目前, 世界上对香蕉的研究主要集中在香蕉的遗传资源改良、分子与细胞生物学、病虫害问题、采后不同加工处理方法和防腐保鲜技术等几个方面^[4], 在全局性、战略性、预见性等方面仍缺少详细的研究, 而后者对香蕉产业结构的调整、布局和健康发展具有重要的意义^[5]。自Malthus时代起, 对食物生产进行预测分析, 就一直成为政府决策的重要依据。在某种意义上, 将数据资料整理为可读的社会经济指标, 不仅有助于制订政策, 也有利于公众和研究者使用^[6-7]。另外, 在预测分析中, 由于地区发展的不平衡性, 地区预测比全球预测显得更迫切。笔者根据历史资料, 利用预测模型, 对世界各地和有关国家的香蕉生产状况进行中长期预测分析, 同时, 对各国的香蕉生产进行比较研究, 旨在为中国香蕉生产的管理与决策以及世界香蕉生产的发展提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 数据来源 取自1961年以来, 全世界香蕉的年总产、单产和收获面积的数据, 以及联合国粮农组织

收稿日期: 2010-01-23

基金项目: 农业部国家香蕉产业技术体系建设项目(ncytx-33)及农业部948项目(2006-G32)资助

作者简介: 刘光华(1965-), 男, 海南三亚人, 广东农工商职业技术学院生态学副教授, 博士后。

通信作者: 张文军, 中山大学生命科学学院教授, 博士。E-mail: zhwj@mail.sysu.edu.cn

的数据^[7]。有关低收入国家、发达国家和发展中国家的界定,参见联合国粮农组织 2006 年的定义。

1.2 预测模型 香蕉生产涉及众多的农业与社会经济发展因素,难以建立用于预测分析的机理模型。首先,由如下线性式建立香蕉生产预测模型^[8]:

$$x(t) = r p(t) + b,$$

其中, t 为时间, $x(t)$ 为香蕉生产指标, $p(t)$ 为人口。结果表明,其模拟预测效果并不理想。因此,笔者以通用多项式函数建立预测模型:

$$x(t) = a_n t^n + \dots + a_3 t^3 + a_2 t^2 + a_1 t + b,$$

其中, t 为时间, $x(t)$ 为香蕉生产指标。研究发现,在上述多项式函数中, $n = 1$ 时对香蕉生产动态的模拟预测效果最佳。因此,使用如下线性模型^[9-10]来模拟香蕉生产动态:

$$x(t) = rt + b,$$

其中, t 为年份, $x(t)$ 为年份 t 的香蕉总产(t),单产($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)或收获面积(hm^2) r 为香蕉总产,单产或收获面积的增长速率($t \cdot a, \text{kg}/(\text{hm}^2 \cdot a)$ 或 $\text{hm}^2 \cdot a$)。以矫正决定系数 R^2 与 F 值检验该模型的统计显著性。

由上述线性模型进行预测,并计算预测值的 95% 置信区间。预测期限为 2011—2035 年。上述预测模型是历史轨迹的外推,属于投射方法。跟所有预测一样,本研究的预测基于这样一种假设,即在预测期内,历史的农业、社会、经济及其他一切模式延续不变^[11]。如条件许可,也可建立其他模型,与本研究的预测结果相互印证。

2 结果与分析

香蕉总产、单产及收获面积的预测结果见表 1~3。从表 1~3 中的统计显著性看,利用笔者建立的线性模型进行预测分析是可行的,其模型参数也是可用的。

2.1 总产趋势 若过去的生产模式在预测期保持继续不变,则世界香蕉总产将以年增长($1\ 122\ 506.0 \pm 81\ 458.2$)t 的速率增长,到 2035 年,可能突破 1 亿 t 达到($10.116 \pm 0.833\ 2$) $\times 10^7$ t。2011—2015 年,世界香蕉总产将呈增长趋势(表 1)。

表 1 世界香蕉总产的预测

国家与地区	年增长速率	年总产/(t)	矫正 R^2	10^7 t	2011 年	2014 年	2017 年	2020 年	2023 年	2026 年	2029 年	2032 年	2035 年
世界	r	1122506.00	0.946**	x	7.422	7.7587	8.0955	8.4322	8.769	9.1057	9.4425	9.7792	10.116
	Δr	81458.16		Δx	0.7529	0.7606	0.7691	0.7782	0.788	0.7984	0.8095	0.8211	0.8332
中国	r	127981.54	0.744**	x	0.5438	0.5822	0.6205	0.6589	0.6973	0.7357	0.7741	0.8125	0.8509
	Δr	22735.00		Δx	0.2101	0.2123	0.2147	0.2172	0.2199	0.2228	0.2259	0.2292	0.2325
亚洲	r	713699.29	0.906**	x	3.8143	4.0284	4.2425	4.4566	4.6707	4.8848	5.0989	5.313	5.5271
	Δr	69940.13		Δx	0.6464	0.6531	0.6604	0.6682	0.6766	0.6855	0.695	0.705	0.7154
低收入国家	r	464483.42	0.914**	x	2.74	2.8793	3.0187	3.158	3.2974	3.4367	3.5761	3.7154	3.8547
	Δr	43375.34		Δx	0.4009	0.405	0.4095	0.4144	0.4196	0.4252	0.431	0.4372	0.4437
北美和中美	r	95524.15	0.846**	x	0.9737	1.0023	1.031	1.0596	1.0883	1.117	1.1456	1.1743	1.2029
	Δr	12371.08		Δx	0.1143	0.1155	0.1168	0.1182	0.1197	0.1213	0.1229	0.1247	0.1265
印度	r	337648.00	0.826**	x	1.6572	1.7585	1.8598	1.9611	2.0624	2.1636	2.2649	2.3662	2.4675
	Δr	46941.72		Δx	0.4339	0.4383	0.4432	0.4485	0.4541	0.4601	0.4665	0.4731	0.4802
印度尼西亚	r	78728.46	0.873**	x	0.4472	0.4709	0.4945	0.5181	0.5417	0.5653	0.589	0.6126	0.6362
	Δr	9111.09		Δx	0.0842	0.0851	0.086	0.087	0.0881	0.0893	0.0905	0.0918	0.0932
发展中国家	r	1110687.71	0.945**	x	7.307	7.6402	7.9734	8.3066	8.6398	8.973	9.3062	9.6394	9.9726
	Δr	81154.17		Δx	0.7501	0.7578	0.7662	0.7753	0.7851	0.7955	0.8064	0.818	0.8301
发达国家	r	11818.28	0.852**	x	0.115	0.1185	0.1221	0.1256	0.1292	0.1327	0.1363	0.1398	0.1433
	Δr	1495.02		Δx	0.0138	0.014	0.0141	0.0143	0.0145	0.0147	0.0149	0.0151	0.0153
哥斯达黎加	r	43511.90	0.845**	x	0.2619	0.275	0.288	0.3011	0.3141	0.3272	0.3402	0.3533	0.3663
	Δr	5662.09		Δx	0.0523	0.0529	0.0535	0.0541	0.0548	0.0555	0.0563	0.0571	0.0579

续表 1

国家与地区	年增长速率	年总产/(t)	矫正 R^2	$10^7 t$	2011年	2014年	2017年	2020年	2023年	2026年	2029年	2032年	2035年
大洋洲	r	16794.02	0.878**	x	0.1225	0.1275	0.1326	0.1376	0.1426	0.1477	0.1527	0.1577	0.1628
	Δr	1903.26		Δx	0.0176	0.0178	0.018	0.0182	0.0184	0.0187	0.0189	0.0192	0.0195
尼加拉瓜	r	399.25	0.00	x	0.0098	0.0099	0.0101	0.0102	0.0103	0.0104	0.0105	0.0107	0.0108
	Δr	990.01		Δx	0.0092	0.0092	0.0093	0.0095	0.0096	0.0097	0.0098	0.01	0.0101
巴西	r	65801.18	0.744**	x	0.6801	0.6999	0.7196	0.7393	0.7591	0.7788	0.7986	0.8183	0.838
	Δr	11679.64		Δx	0.108	0.1091	0.1103	0.1116	0.113	0.1145	0.1161	0.1177	0.1195
拉美和加勒比国家	r	286042.83	0.903**	x	2.6291	2.7149	2.8007	2.8865	2.9723	3.0582	3.144	3.2298	3.3156
	Δr	28447.75		Δx	0.2629	0.2656	0.2686	0.2718	0.2752	0.2788	0.2827	0.2867	0.291
欧洲	r	598.33	0.01	x	0.045	0.0452	0.0454	0.0456	0.0458	0.0459	0.0461	0.0463	0.0465
	Δr	1049.81		Δx	0.0097	0.0098	0.0099	0.01	0.0102	0.0103	0.0104	0.0106	0.0107
波多黎各	r	-1955.41	0.828**	x	0.0032	0.0026	0.002	0.0015	0.0009	0.0003	-0.0003	-0.0009	-0.0015
	Δr	270.40		Δx	0.0025	0.0025	0.0026	0.0026	0.0026	0.0027	0.0027	0.0027	0.0028
泰国	r	22904.80	0.860**	x	0.2108	0.2177	0.2246	0.2315	0.2383	0.2452	0.2521	0.2589	0.2658
	Δr	2806.45		Δx	0.0259	0.0262	0.0265	0.0268	0.0271	0.0275	0.0279	0.0283	0.0287
澳大利亚	r	3852.57	0.686**	x	0.0273	0.0285	0.0297	0.0308	0.032	0.0331	0.0343	0.0354	0.0366
	Δr	788.95		Δx	0.0073	0.0074	0.0074	0.0075	0.0076	0.0077	0.0078	0.008	0.0081
美国	r	169.77	0.587**	x	0.001	0.001	0.0011	0.0011	0.0012	0.0012	0.0013	0.0013	0.0014
	Δr	42.95		Δx	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004
菲律宾	r	100256.68	0.794**	x	0.5783	0.6083	0.6384	0.6685	0.6986	0.7286	0.7587	0.7888	0.8189
	Δr	15466.73		Δx	0.143	0.1444	0.146	0.1478	0.1496	0.1516	0.1537	0.1559	0.1582
萨尔瓦多	r	439.83	0.219**	x	0.0065	0.0067	0.0068	0.0069	0.0071	0.0072	0.0073	0.0075	0.0076
	Δr	242.95		Δx	0.0022	0.0023	0.0023	0.0023	0.0024	0.0024	0.0024	0.0024	0.0025
越南	r	26653.85	0.855**	x	0.1635	0.1715	0.1795	0.1875	0.1955	0.2035	0.2115	0.2195	0.2275
	Δr	3336.47		Δx	0.0308	0.0312	0.0315	0.0319	0.0323	0.0327	0.0332	0.0336	0.0341
非洲	r	105208.44	0.989**	x	0.8101	0.8416	0.8732	0.9048	0.9363	0.9679	0.9995	1.031	1.0626
	Δr	3397.85		Δx	0.0314	0.0317	0.0321	0.0325	0.0329	0.0333	0.0338	0.0342	0.0348

注: r 为香蕉总产的年增长速率(t), Δr 为年增长速率 r 的 95% 置信区间半宽, x 为预测总产; Δx 为预测总产 x 的 95% 置信区间半宽; 矫正 R^2 为矫正决定系数。线性预测模型的显著性: ** : $P < 0.01$, * : $P < 0.05$ 。

在各大洲中, 亚洲香蕉总产的年增长速率(713 699.3 ± 69 940.1) t 最大; 次之为拉美与加勒比地区(286 042.8 ± 28 447.8) t; 再次为非洲(105 208.4 ± 3 397.9) t 及北美和中美(95 524.2 ± 12 371.1) t; 欧洲香蕉总产的年增长速率最小(598.3 ± 1 049.8) t 较大的负增长可能性会始终存在。到 2035 年, 各大洲的发展态势是: 亚洲的增长幅度可能最大; 依次为大洋洲、非洲、拉美与加勒比地区、北美和中美; 欧洲增长幅度最小。到 2035 年, 亚洲、拉美与加勒比地区, 仍将是世界香蕉生产的中心地区。

预计到 2035 年, 发展中国家香蕉总产的增长幅度高于发达国家, 低收入国家的增长幅度远高于发达国家。

中国香蕉总产预计以(127 981.5 ± 22 735.0) t 的年增长速率增长, 到 2035 年, 可达到(0.850 9 ± 0.232 5) × 10⁷ t, 增长幅度远高于亚洲平均水平。在表 1 所列的国家与地区中, 中国的相对增长幅度最大, 发展最快。届时, 中国香蕉总产将占世界总量的 8.4% 左右, 虽远低于印度, 但与巴西、菲律宾、印度尼西亚接近, 仍远高于哥斯达黎加、泰国及越南(表 1)。

到 2035 年, 除中国外, 香蕉总产相对增长幅度较大的国家还有印度、印度尼西亚、美国和菲律宾等。

到 2035 年, 除尼加拉瓜和萨尔瓦多的香蕉总产可能增长外, 其他国家的香蕉总产将会增加。波多黎各的香蕉总产可能会大幅下降。

2.2 单产趋势 若过去的生产模式继续不变, 则世界香蕉单产预计会以(131.5 ± 9.2) kg · hm⁻² 的年增长速率增长, 到 2035 年, 世界香蕉单产将超过 20 t · hm⁻², 达到(2.017 9 ± 0.093 6) × 10⁴ kg · hm⁻² (表 2)。

表 2 世界香蕉单产的预测

国家与地区	年增长速率	年单产/(kg·hm ⁻²)	矫正 R ²	10 ⁴ kg·hm ⁻²	2011 年	2014 年	2017 年	2020 年	2023 年	2026 年	2029 年	2032 年	2035 年
世界	r	131.52	0.950 ^{**}	x	1.7023	1.7417	1.7812	1.8206	1.8601	1.8996	1.939	1.9785	2.0179
	Δr	9.15		Δx	0.0846	0.0854	0.0864	0.0874	0.0885	0.0897	0.0909	0.0922	0.0936
中国	r	149.40	0.336 ^{**}	x	2.1074	2.1522	2.197	2.2419	2.2867	2.3315	2.3763	2.4211	2.466
	Δr	62.51		Δx	0.5778	0.5838	0.5902	0.5973	0.6048	0.6128	0.6212	0.6301	0.6394
亚洲	r	265.73	0.930 ^{**}	x	2.0752	2.1549	2.2346	2.3144	2.3941	2.4738	2.5535	2.6332	2.713
	Δr	22.15		Δx	0.2047	0.2068	0.2091	0.2116	0.2142	0.2171	0.2201	0.2232	0.2265
低收入国家	r	132.67	0.809 ^{**}	x	1.4175	1.4573	1.4971	1.5369	1.5767	1.6165	1.6563	1.6961	1.7359
	Δr	19.53		Δx	0.1805	0.1824	0.1844	0.1866	0.189	0.1915	0.1941	0.1969	0.1998
北美和中美	r	243.70	0.790 ^{**}	x	2.8511	2.9242	2.9974	3.0705	3.1436	3.2167	3.2898	3.3629	3.436
	Δr	38.12		Δx	0.3523	0.356	0.3599	0.3642	0.3688	0.3736	0.3788	0.3842	0.3899
印度	r	372.12	0.693 ^{**}	x	2.9443	3.0559	3.1675	3.2792	3.3908	3.5024	3.6141	3.7257	3.8374
	Δr	74.90		Δx	0.6923	0.6994	0.7072	0.7156	0.7246	0.7342	0.7443	0.7549	0.7661
印度尼西亚	r	256.93	0.696 ^{**}	x	1.8049	1.882	1.9591	2.0362	2.1133	2.1903	2.2674	2.3445	2.4216
	Δr	51.41		Δx	0.4752	0.4801	0.4854	0.4912	0.4974	0.504	0.5109	0.5182	0.5259
发展中国家	r	131.62	0.950 ^{**}	x	1.6912	1.7307	1.7702	1.8097	1.8492	1.8887	1.9282	1.9676	2.0071
	Δr	9.20		Δx	0.085	0.0859	0.0868	0.0879	0.089	0.0902	0.0914	0.0927	0.0941
发达国家	r	261.65	0.688 [*]	x	3.0628	3.1413	3.2198	3.2983	3.3768	3.4553	3.5337	3.6122	3.6907
	Δr	53.30		Δx	0.4926	0.4977	0.5032	0.5092	0.5156	0.5224	0.5296	0.5372	0.5452
哥斯达黎加	r	813.36	0.713 ^{**}	x	6.2579	6.5019	6.7459	6.9899	7.2339	7.4779	7.7219	7.9659	8.2099
	Δr	156.13		Δx	1.443	1.4579	1.4741	1.4916	1.5104	1.5303	1.5515	1.5737	1.597
大洋州	r	127.46	0.887 ^{**}	x	1.5922	1.6304	1.6687	1.7069	1.7451	1.7834	1.8216	1.8599	1.8981
	Δr	13.82		Δx	0.1277	0.129	0.1304	0.132	0.1337	0.1354	0.1373	0.1393	0.1413
尼加拉瓜	r	3.68	-0.023	x	4.7291	4.7302	4.7313	4.7324	4.7335	4.7346	4.7357	4.7368	4.7379
	Δr	248.59		Δx	2.2977	2.3213	2.3472	2.375	2.4049	2.4367	2.4703	2.5057	2.5428
巴西	r	-118.42	0.484 ^{**}	x	0.9871	0.9516	0.916	0.8805	0.845	0.8095	0.774	0.7384	0.7029
	Δr	44.81		Δx	0.4142	0.4184	0.4231	0.4281	0.4335	0.4392	0.4453	0.4517	0.4583
拉美和加勒比地区	r	55.84	0.427 ^{**}	x	1.9763	1.9931	2.0098	2.0266	2.0433	2.0601	2.0768	2.0936	2.1104
	Δr	19.38		Δx	0.1791	0.181	0.183	0.1852	0.1875	0.19	0.1926	0.1954	0.1983
欧洲	r	351.36	0.514 ^{**}	x	4.3888	4.4942	4.5996	4.705	4.8104	4.9158	5.0212	5.1266	5.232
	Δr	102.84		Δx	0.9505	0.9603	0.9709	0.9825	0.9948	1.008	1.0219	1.0365	1.0519
波多黎各	r	-59.67	0.166 ^{**}	x	1.4723	1.4544	1.4365	1.4186	1.4007	1.3828	1.3649	1.347	1.3291
	Δr	38.49		Δx	0.3557	0.3594	0.3634	0.3677	0.3723	0.3772	0.3824	0.3879	0.3937
泰国	r	96.88	0.879 ^{**}	x	1.4247	1.4538	1.4829	1.5119	1.541	1.57	1.5991	1.6282	1.6572
	Δr	10.89		Δx	0.1007	0.1017	0.1028	0.1041	0.1054	0.1068	0.1082	0.1098	0.1114
澳大利亚	r	337.49	0.828 ^{**}	x	2.7719	2.8731	2.9744	3.0756	3.1769	3.2781	3.3794	3.4806	3.5819
	Δr	46.73		Δx	0.4319	0.4364	0.4412	0.4465	0.4521	0.4581	0.4644	0.471	0.478
美国	r	264.10	0.719 ^{**}	x	2.0046	2.0838	2.163	2.2423	2.3215	2.4007	2.48	2.5592	2.6384
	Δr	50.02		Δx	0.4623	0.4671	0.4723	0.4779	0.4839	0.4903	0.4971	0.5042	0.5116
菲律宾	r	231.33	0.685 ^{**}	x	1.573	1.6424	1.7118	1.7812	1.8506	1.92	1.9894	2.0588	2.1282
	Δr	47.46		Δx	0.4386	0.4431	0.4481	0.4534	0.4591	0.4651	0.4716	0.4783	0.4854
萨尔瓦多	r	182.24	0.739 ^{**}	x	1.2407	1.2954	1.3501	1.4047	1.4594	1.5141	1.5687	1.6234	1.6781
	Δr	32.82		Δx	0.3033	0.3065	0.3099	0.3136	0.3175	0.3217	0.3261	0.3308	0.3357
越南	r	97.37	0.470 ^{**}	x	1.5065	1.5357	1.5649	1.5941	1.6234	1.6526	1.6818	1.711	1.7402
	Δr	31.06		Δx	0.287	0.29	0.2932	0.2967	0.3004	0.3044	0.3086	0.313	0.3177
非洲	r	29.20	0.774 ^{**}	x	0.7434	0.7521	0.7609	0.7697	0.7784	0.7872	0.7959	0.8047	0.8135
	Δr	4.78		Δx	0.0442	0.0446	0.0451	0.0456	0.0462	0.0468	0.0475	0.0482	0.0489

注: r 为香蕉单产的年增长速率(kg·hm⁻²); Δr 为增长速率 r 的 95% 置信区间半宽; x 为预测单产; Δx 为预测单产 x 的 95% 置信区间半宽; 矫正 R^2 为矫正决定系数。线性预测模型的显著性: ** : $P < 0.01$, * : $P < 0.05$ 。

在各大洲中,欧洲香蕉单产的年增长速率(351.4 ± 102.8) $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 最大;次之为亚洲(265.7 ± 22.2) $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 及北美和中美(243.7 ± 38.1) $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$;而非洲(29.2 ± 4.8) $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 及拉美与加勒比地区(55.8 ± 19.4) $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 的年增长速率将很小。到2035年,亚洲香蕉单产的增长幅度预计为最大;依次为北美和中美;大洋洲、欧洲、非洲、拉美与加勒比地区增长幅度最小。

到2035年,欧洲为(5.232 ± 1.0519) $\times 10^4$ $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,北美和中美为(3.436 ± 0.3899) $\times 10^4$ $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 的香蕉单产仍居世界前列;亚洲单产(2.713 ± 0.2265) $\times 10^4$ $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 次之;非洲(0.8135 ± 0.0489) $\times 10^4$ $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 的香蕉单产仍将远低于世界平均水平。

到2035年,发展中国家香蕉单产的增长幅度与发达国家接近。其中,低收入国家的增长幅度将会略高于发达国家。

在预测期内,中国的香蕉单产预计将以(149.90 ± 62.51) $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 的年增长速率增长,到2035年,会达到(2.4660 ± 0.6394) $\times 10^4$ $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,但增长幅度远低于亚洲平均水平。另外,值得注意的是,在预测期内其香蕉单产下降的可能性一直存在。

预计到2035年,在表2所列的香蕉生产国中,哥斯达黎加的香蕉单产(8.2099 ± 1.5970) $\times 10^4$ $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 最高,超过了80 $\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$;次之为尼加拉瓜(4.7379 ± 2.5428) $\times 10^4$ $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、印度(3.8374 ± 0.7611) $\times 10^4$ $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 与澳大利亚(3.5819 ± 0.4780) $\times 10^4$ $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$;再次为美国(2.6384 ± 0.5116) $\times 10^4$ $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、中国和印度尼西亚(2.4216 ± 0.5259) $\times 10^4$ $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 稍高于世界平均水平;而越南(1.7402 ± 0.3177) $\times 10^4$ $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、泰国(1.6572 ± 0.1114) $\times 10^4$ $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 及波多黎各(1.3290 ± 0.3937) $\times 10^4$ $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 的香蕉单产则将低于世界平均水平;巴西的单产水平最低(0.7029 ± 0.4583) $\times 10^4$ $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ (表2)。

到2035年,香蕉单产相对增长幅度较大的国家有菲律宾、萨尔瓦多、印度尼西亚、美国、哥斯达黎加和澳大利亚等,而巴西与波多黎各的香蕉单产可能会下降。

2.3 收获面积趋势 若过去的生产模式在预测期内继续不变,则世界香蕉收获面积将以(51900.4 ± 3922.7) hm^2 的年增长速率增加。预计到2035年,可能超过550万 hm^2 ,达到(5.8202 ± 0.4012) $\times 10^6$ hm^2 。

在各大洲中,亚洲香蕉收获面积的年增长速率(26017.8 ± 2993.2) hm^2 最大;其次为拉美与加勒比地区(12797.3 ± 1597.2) hm^2 和非洲(12485.5 ± 628.1) hm^2 ;再次为北美和中美(837.97 ± 273.4) hm^2 及大洋洲(703.5 ± 127.5) hm^2 ;而欧洲的香蕉收获面积可能会下降(-107.6 ± 56.4) hm^2 。到2035年,亚洲香蕉收获面积的相对增长幅度最大;次之为非洲、拉美与加勒比地区及大洋洲;欧洲香蕉收获面积可能会有下降。到2035年,亚洲、拉美与加勒比地区以及非洲仍是香蕉收获面积最大的地区(表3)。

表3 世界香蕉收获面积的预测

国家与地区	年增长速率	年收获面积/ hm^2	矫正 R^2	10^6hm^2	2011年	2014年	2017年	2020年	2023年	2026年	2029年	2032年	2035年
世界	r	51900.42	0.942**	x	4.5746	4.7303	4.886	5.0417	5.1974	5.3531	5.5088	5.6645	5.8202
	Δr	3922.70		Δx	0.3626	0.3663	0.3704	0.3748	0.3795	0.3845	0.3898	0.3954	0.4012
中国	r	6147.14	0.776**	x	0.2744	0.2928	0.3113	0.3297	0.3481	0.3666	0.385	0.4035	0.4219
	Δr	1000.92		Δx	0.0925	0.0935	0.0945	0.0956	0.0968	0.0981	0.0995	0.1009	0.1024
亚洲	r	26017.79	0.874**	x	2.0071	2.0852	2.1632	2.2413	2.3193	2.3974	2.4754	2.5535	2.6315
	Δr	2993.15		Δx	0.2766	0.2795	0.2826	0.286	0.2896	0.2934	0.2974	0.3017	0.3062
低收入国家	r	26123.17	0.966**	x	2.0513	2.1297	2.208	2.2864	2.3648	2.4431	2.5215	2.5999	2.6782
	Δr	1484.75		Δx	0.1372	0.1386	0.1402	0.1419	0.1436	0.1455	0.1475	0.1497	0.1519
北美和中美	r	837.97	0.458**	x	0.3476	0.3501	0.3526	0.3551	0.3576	0.3601	0.3626	0.3652	0.3677
	Δr	273.44		Δx	0.0253	0.0255	0.0258	0.0261	0.0265	0.0268	0.0272	0.0276	0.028
印度	r	10036.40	0.838**	x	0.6231	0.6532	0.6833	0.7134	0.7435	0.7736	0.8037	0.8338	0.8639
	Δr	1339.64		Δx	0.1238	0.1251	0.1265	0.128	0.1296	0.1313	0.1331	0.135	0.137
印度尼西亚	r	2230.11	0.177**	x	0.2712	0.2779	0.2846	0.2912	0.2979	0.3046	0.3113	0.318	0.3247
	Δr	1390.61		Δx	0.1285	0.1299	0.1313	0.1329	0.1345	0.1363	0.1382	0.1402	0.1422
发展中国家	r	51772.19	0.941**	x	4.5359	4.6913	4.8466	5.0019	5.1572	5.3125	5.4678	5.6232	5.7785
	Δr	3937.03		Δx	0.3639	0.3676	0.3717	0.3761	0.3809	0.3859	0.3912	0.3968	0.4027

续表 3

国家与地区	年增长速率	年收获面积/hm ²	矫正 R ²	10 ⁶ hm ²	2011 年	2014 年	2017 年	2020 年	2023 年	2026 年	2029 年	2032 年	2035 年
发达国家	<i>r</i>	128.23	0.255**	<i>x</i>	0.0387	0.039	0.0394	0.0398	0.0402	0.0406	0.041	0.0413	0.0417
	Δr	64.47		Δx	0.006	0.006	0.0061	0.0062	0.0062	0.0063	0.0064	0.0065	0.0066
哥斯达黎加	<i>r</i>	405.77	0.274**	<i>x</i>	0.0462	0.0474	0.0486	0.0498	0.051	0.0522	0.0535	0.0547	0.0559
	Δr	194.84		Δx	0.018	0.0182	0.0184	0.0186	0.0188	0.0191	0.0194	0.0196	0.0199
大洋州	<i>r</i>	703.47	0.736**	<i>x</i>	0.0796	0.0817	0.0838	0.0859	0.088	0.0902	0.0923	0.0944	0.0965
	Δr	127.46		Δx	0.0118	0.0119	0.012	0.0122	0.0123	0.0125	0.0127	0.0128	0.013
尼加拉瓜	<i>r</i>	13.64	0.042	<i>x</i>	0.0022	0.0022	0.0023	0.0023	0.0024	0.0024	0.0024	0.0025	0.0025
	Δr	16.14		Δx	0.0015	0.0015	0.0015	0.0015	0.0016	0.0016	0.0016	0.0016	0.0017
巴西	<i>r</i>	8130.53	0.937**	<i>x</i>	0.618	0.6424	0.6668	0.6912	0.7156	0.74	0.7644	0.7887	0.8131
	Δr	641.58		Δx	0.0593	0.0599	0.0606	0.0613	0.0621	0.0629	0.0638	0.0647	0.0656
拉美和加勒比地区	<i>r</i>	12797.28	0.855**	<i>x</i>	1.3572	1.3956	1.434	1.4724	1.5108	1.5492	1.5876	1.626	1.6644
	Δr	1597.20		Δx	0.1476	0.1491	0.1508	0.1526	0.1545	0.1566	0.1587	0.161	0.1634
欧洲	<i>r</i>	-107.61	0.239**	<i>x</i>	0.0102	0.0098	0.0095	0.0092	0.0089	0.0085	0.0082	0.0079	0.0076
	Δr	56.40		Δx	0.0052	0.0053	0.0053	0.0054	0.0055	0.0055	0.0056	0.0057	0.0058
波多黎各	<i>r</i>	-105.79	0.847**	<i>x</i>	0.0023	0.002	0.0017	0.0013	0.001	0.0007	0.0004	0.0001	-0.0003
	Δr	13.66		Δx	0.0013	0.0013	0.0013	0.0013	0.0013	0.0013	0.0014	0.0014	0.0014
泰国	<i>r</i>	983.14	0.536**	<i>x</i>	0.1534	0.1563	0.1592	0.1622	0.1651	0.1681	0.171	0.174	0.1769
	Δr	275.36		Δx	0.0255	0.0257	0.026	0.0263	0.0266	0.027	0.0274	0.0278	0.0282
澳大利亚	<i>r</i>	27.06	0.026	<i>x</i>	0.0098	0.0098	0.0099	0.01	0.0101	0.0102	0.0102	0.0103	0.0104
	Δr	36.88		Δx	0.0034	0.0034	0.0035	0.0035	0.0036	0.0036	0.0037	0.0037	0.0038
美国	<i>r</i>	4.31	0.301**	<i>x</i>	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006
	Δr	1.95		Δx	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
菲律宾	<i>r</i>	3237.64	0.760**	<i>x</i>	0.3984	0.4081	0.4178	0.4275	0.4373	0.447	0.4567	0.4664	0.4761
	Δr	551.11		Δx	0.0509	0.0515	0.052	0.0527	0.0533	0.054	0.0548	0.0555	0.0564
萨尔瓦多	<i>r</i>	-147.85	0.668**	<i>x</i>	0.0037	0.0033	0.0028	0.0024	0.0019	0.0015	0.0011	0.0006	0.0002
	Δr	31.54		Δx	0.0029	0.0029	0.003	0.003	0.0031	0.0031	0.0031	0.0032	0.0032
越南	<i>r</i>	1686.97	0.943**	<i>x</i>	0.1168	0.1219	0.1269	0.132	0.137	0.1421	0.1472	0.15220	0.1573
	Δr	125.59		Δx	0.0116	0.0117	0.0119	0.012	0.0121	0.0123	0.0125	0.0127	0.0128
非洲	<i>r</i>	12485.53	0.973**	<i>x</i>	1.12	1.1574	1.1949	1.2324	1.2698	1.3073	1.3447	1.3822	1.4196
	Δr	628.12		Δx	0.0581	0.0587	0.0593	0.06	0.0608	0.0616	0.0624	0.0633	0.0642

注: *r* 为香蕉收获面积的年增长率(hm²); Δr 为年增长率 *r* 的 95% 置信区间半宽; *x* 为预测收获面积; Δx 为预测收获面积 *x* 的 95% 置信区间半宽; 矫正 R² 为矫正决定系数。线性预测模型的显著性: ** : $P < 0.01$, * : $P < 0.05$ 。

若过去的生产模式继续不变,中国的香蕉收获面积预计将以(6 147.1 ± 1 000.9) hm² 的年增长率增加。到 2035 年,可能达到(0.421 9 ± 0.102 4) × 10⁶ hm², 远高于亚洲平均水平。在表 3 所列的香蕉生产国中,中国的相对增长幅度最大。到 2035 年,中国的香蕉收获面积仍将低于菲律宾(0.476 1 ± 0.056 4) × 10⁶ hm², 远低于印度(0.863 9 ± 0.137 0) × 10⁶ hm² 和巴西(0.813 1 ± 0.065 6) × 10⁶ hm²。

除中国外,到 2035 年,香蕉收获面积相对增长幅度较大的国家还有印度、越南、巴西和菲律宾等;而印度尼西亚、尼加拉瓜、哥斯达黎加、澳大利亚以及美国的收获面积可能会增加,也有下降的可能性;波多黎各和萨尔瓦多的收获面积则会巨幅下降。

2.4 发展模式 为了对各国与地区的香蕉生产发展模式进行比较分析,笔者将单产年增长率与收获面积年增长速率的比值,定义为发展效率: $\text{sign}(r_{\text{收获面积}}) \times r_{\text{单产}} / r_{\text{收获面积}}$, 以此作为反映发展模式优劣性的指标。因自然灾害的影响,收获面积略小于实际种植面积。在一定范围内,自然灾害具有统计平稳性。因而,在统计学意义上,单产年增长率大,收获面积年增长速率小,则发展效率高。发展效率是环境与发展相结合的指标。在环境问题日趋严峻的形势下,任何生产过程都必须具有可持续性,在生产决策与规划中,需要将环境问题作为重要因素考虑^[12-16]。

从发展效率计算结果发现(表4),美国香蕉生产的发展效率高达61.3,澳大利亚次之,发展效率为12.5,两国属于以单产增长为主的高效率香蕉生产国家,其发展效率也远高于发达国家平均水平。哥斯达黎加的发展效率也明显高于其他国家,其次是萨尔瓦多、波多黎各和尼加拉瓜,这4个国家的香蕉生产发展效率远高于拉美与加勒比地区的平均水平。东南亚4国(印度尼西亚、泰国、菲律宾和越南)居中。相对而言,印度与中国处于劣势,但仍高于亚洲平均水平。而巴西最差,低于非洲平均水平。在各大洲中,欧洲的发展效率最高,北美和中美次之,大洋洲第三,再次为亚洲、拉美与加勒比地区,非洲的效率最低,低于世界平均水平。

表4 世界香蕉生产的发展效率

排序	国家与地区	发展效率	排序	国家与地区	发展效率
1	美国	61.276 1	13	菲律宾	0.071 45
2	澳大利亚	12.471 91	14	越南	0.057 72
3	欧洲	3.265 12	15	印度	0.037 08
4	发达国家	2.040 47	16	中国	0.024 3
5	哥斯达黎加	2.004 49	17	亚洲	0.010 21
6	萨尔瓦多	1.232 6	18	低收入国家	0.005 08
7	波多黎各	0.564 04	19	拉美和加勒比国家	0.004 36
8	北美和中美	0.290 69	20	发展中国家	0.002 54
9	尼加拉瓜	0.269 79	21	世界	0.002 53
10	大洋州	0.181 19	22	非洲	0.002 34
11	印度尼西亚	0.115 21	23	巴西	-0.014 56
12	泰国	0.098 54			

3 讨 论

发展效率是反映发展模式优劣性的指标。美国与澳大利亚均属于以单产增长为主的高效率香蕉生产国家,其发展效率也远高于发达国家平均水平。哥斯达黎加的发展效率也明显高于其他国家,其次是萨尔瓦多、波多黎各和尼加拉瓜,这4个国家的香蕉生产发展效率远高于拉美与加勒比地区的平均水平。东南亚4国(印度尼西亚、泰国、菲律宾和越南)居中。相对而言,印度与中国处于劣势,但仍高于亚洲平均水平。巴西最差,低于非洲平均水平。

从各方面情况综合来看,若过去的生产模式继续不变,中国的香蕉生产效率仍将处于偏下水平,属于较粗放的类型。因此,亟待调整或改进香蕉生产模式。在香蕉生产方面,要避免出现广种薄收、求大而粗、混乱无序的情况;应积极学习先进国家的生产与管理经验,进行生产模式创新:1)要以种质资源建设为突破口,以提高单产、改进品质、适度控制种植面积为目标;2)需大力加强品种的遗传改良;3)促进品种引进和选育工作^[3,17];4)全面推进香蕉生产的标准化和规范化。在香蕉研究方面,要建立健全香蕉的科研体制,加大科研投入,提高香蕉科研水平。为此,笔者认为香蕉生产模式的调整或改进,有必要总结近年来我国北方苹果生产发展的经验与教训。

反映香蕉生产规模的直接影响变量是人口。对于未来世界人口的发展趋势,已有较详细的预测数据^[18]。同其他多数农产品一样,香蕉是一种贸易品,跨国、跨地区交易量较大。香蕉生产与人口的关系也同时涉及众多的农业与社会经济等因素,因此,难以像化肥等原料产品^[8]一样用于预测分析的人口依赖模型,尤其开放性较强的国家或地区不适宜。因此,时间模型是一种可行的、也是可靠的选择。

需要注意的是,尽管如下关系:总产=单产×收获面积,对任何历史记录数据均成立,然而,由线性模型所模拟或预测的是概率平均线,而非具体实现,因此,不能期望线性模型的任意某次模拟或预测值严格满足该关系,这也是概率模型的特点之一。所以,在线性模型的模拟或预测中,需分别对待总产、单产及收获面积。对分地区的模拟或预测,也是如此。

进行预测的目的多种多样。笔者的最终目的是,将现有生产模式下的预测趋势与期望趋势进行比较,寻找差距与不足,以此调整或改进现有生产模式,使未来的趋势由预测趋势变成期望趋势。

参考文献:

- [1] FAO. FAOSTAT: AGRICULTURE [DB/OL] 2006 [2010-01-18]. http://www.fao.org/index_zh.htm.
- [2] 袁媛, 彭冬燕, 陈升东, 等. 世界香蕉产业形势浅析[J]. 云南农业科技, 2006(2): 59-60.
- [3] 杨培生, 陈业渊, 黎光华, 等. 我国香蕉产业—现状、问题与前景[J]. 果树学报, 2003, 20(5): 415-420.
- [4] 张蕾, 陈业渊, 魏守兴, 等. 国内外香蕉科研进展[J]. 世界热作, 2005(1): 30-32.
- [5] AYENSU E, CLAASEN D, COLLINS M *et al.* International ecosystem assessment[J]. Science, 1999, 286(5440): 685.
- [6] DAILY G, DASGUPTA P, BOLIN B *et al.* Food production, population growth and the environment [J]. Science, 1998, 281(5381): 1291.
- [7] RASMUSSEN P E, GOULDING K W T, BROWN J R *et al.* Long-term agroecosystem experiments: assessing agricultural sustainability and global change [J]. Science, 1998, 282(5390): 893.
- [8] ZHANG W J, ZHANG X Y. A forecast analysis on fertilizers consumption worldwide [J]. Environmental Monitoring and Assessment, 2007, 133: 427-434.
- [9] SPSS Inc. SPSS for Windows 11.0.0, 2001.
- [10] The MathWorks Inc. Matlab 6.5, 2002.
- [11] TILMAN D, FARGIONE J, WOLFF B *et al.* Forecasting agriculturally driven global environmental change [J]. Science, 2001, 292: 281-284.
- [12] MATSON P A, PARTON W J, POWER A G *et al.* Agricultural intensification and ecosystem properties [J]. Science, 1997, 277: 504-509.
- [13] SERAGELDIN I. Biotechnology and food security in the 21st century [J]. Science, 1999, 285(5426): 387.
- [14] SWAMINATHAN M S. Science in response to basic human needs [J]. Science, 2000, 287(5452): 425.
- [15] GREEN R E, CORNELL S J, SCHARLEMANN J P W *et al.* Farming and the fate of wild nature [J]. Science, 2005, 307(5709): 550.
- [16] ZHANG W J, QI Y H, ZHANG Z G. A long-term forecast analysis on worldwide land uses [J]. Environmental Monitoring and Assessment, 2006, 119(1-3): 609-620.
- [17] ROSEGRANT M W, CLINE S A. Global Food Security: Challenges and Policies [J]. Science, 2003, 302(5652): 1917.
- [18] ZHANG W J. A forecast analysis on world population and urbanization process [J]. Environment, Development and Sustainability, 2008, 10: 717-730.

Forecasting on Banana Production Worldwide

LIU Guang-hua¹, ZHANG Xi-yan², ZHANG Wen-jun³

(1. Guangdong AIB Polytech College, Guangzhou 510507, China; 2. Lucheng Banana Institute of Hainan, Haikou 570216, China; 3. School of Life Sciences, Zhongshan University, Guangzhou 510275, China)

Abstract: The objective of our study was to forecast the banana production in the world and some countries and regions and provide basal data for the decision-making of banana production. The forecasting during 2011 to 2035 was given in detail. The banana production in different countries and regions were compared and the status and characteristics of banana production in China were discussed. Some suggestions on the strategies and measures for banana production in China were proposed.

Key words: banana production; forecast; development patterns; total production; yield harvested; area harvested; world