

西北特干旱区农业水资源利用潜力与粮食增产的关系

鞠正山¹, 张凤荣², 刘晓霞³

(1. 国土资源部土地整理中心; 2 中国农业大学; 3 山东栖霞服装集团有限公司)

摘 要: 在西北生态区农业水资源利用现状的基础上, 利用 A E Z 法, 从理论上分析了该区种植业不同水资源有效利用率下水资源的利用潜力及相应的粮食增长潜力。结果表明: 整个西北区目前存在水资源有效利用率低, 水资源短缺与浪费并重的状况。水分的限制成为发挥该区光温潜力, 提高土地生产力的瓶颈。将水分有效利用率从目前水平再提高 10%~ 20%, 土地的生产潜力将有一个非常显著的突破。

关键词: 西北地区; 水分有效利用率; 潜力分析

中图分类号: S27503; S152 7⁺ 5 文献标识码: A 文章编号: 100226819(2002) 0120177204

西北严重干旱农业区(以下简称西北区), 年降雨量 100~ 250 mm (< 100 mm 即为无农业区), 降雨量少, 潜在蒸发很大, 属极端大陆性干旱气候, 农业水资源的多少决定了西北区人口的分布和密度。所研究区域地跨北纬 32°~ 48°; 东经 75°~ 105°; 土地面积占全国总面积的 22. 63%, 耕地面积占全国总耕地面积的 3. 75%, 为计算光温生产潜力和提高宏观分析的精度需要, 根据中国农业生态区划方

表 1 西北区生态区划分方案

Table 1 The plotting scheme of northwestern ecological zones

生态区号	1110	1120	1130	1140	1150
名称	阿拉善高原	河西走廊	东疆盆地	北疆山地、绿洲、荒漠	南疆山地、绿洲、荒漠

案^[1], 将整个西北区划分为 5 个生态区进行分析, 如表 1。

1 西北区农业水资源利用现状分析

西北区土地面积为 216. 64 万 km², 水资源总量为 1 037. 48 亿 m³^[2], 平均每平方公里产水(产水模数)4. 79 万 m³。人口 1959. 4 万人(1995 年数字), 人均拥有水资源 5 293 m³。由 1996 年 10 月原国家土地管理局详查耕地面积为 488. 1 万 hm², 灌溉面积 362. 49 万 hm²。农业总用水 282. 34 亿 m³, 占本区总水量的 27. 22%, 种植业用水 248. 91 亿 m³, 综合灌溉额为 6 870 m³/hm²。灌溉生产粮食 587. 16 万 t, 占粮食总产的 73%, 其中, 灌溉水生产效率为 0. 27 kg/亩。各生态区农业水资源利用现状见表 2。

表 2 西北区各生态区农业水资源利用现状^[2]

Table 2 The status quo of agricultural utilization of water resources in northwestern ecological zones

亚区号	水资源总量/亿 m ³	产水模数/万 m ³ ·km ⁻²	人均水资源/亩·人 ⁻¹	农业总用水/亿 m ³	农业占总水/%	种植业用水/亿 m ³	综合灌溉额/亩·人 ⁻¹	灌面产粮食/万 t	灌溉水效率/kg·亩 ⁻¹
1110	25. 96	1. 01	14 675	0. 56	2. 16	0. 5	341	2. 87	0. 65
1120	135. 38	5. 16	2 932	3. 98	2. 94	3. 51	353	158. 4	3. 33
1130	45. 16	2. 09	4 416	13. 44	29. 76	11. 85	578	13. 23	0. 13
1140	471. 99	10. 16	8 457	135. 33	28. 67	119. 3	410	184. 21	0. 18
1150	358. 99	3. 71	4 375	129. 03	35. 98	113. 75	516	228. 45	0. 23

从上表数据可看出, 西北区的水资源总量除北疆盆地由于天山上的融雪水的补充相对较高, 分别达到 358. 59 和 471. 99 亿 m³ 外, 其它区水量非常匮乏。由于该地区人口密度较低(9. 0 人/亩), 人均水资源拥有量却高于我国东北区(1 975 m³/人)和黄淮海区(365 m³/人)。在整个水资源分配中, 农业用水的比重较低, 其中阿拉善高原仅为 2. 16%, 河

西走廊为 2. 94%, 作为灌溉农业, 农业用水明显偏少。西北区在现有灌溉面积上综合灌溉定额不低, 东疆盆地达到了 578 m³/hm², 但灌溉水效率仅为 0. 13。总体上看, 西北区水资源匮乏而水浪费严重。

2 西北区作物不同水分利用率下的水分供需分析

西北区各生态区在目前灌溉水量和灌溉水平下能否满足作物的最大生理需水要求? 本文选择西北区春小麦和大豆两种主要作物, 通过对每种作物整

收稿日期: 2001210215
作者简介: 鞠正山, 博士生, 国土资源部土地整理中心, 100035

个生育期的最大蒸散量 (ET_m) 和当地自然气候条件下实际蒸散量 (ET_a), 计算出作物实际需灌水量 (I_r), 并与不同水分有效利用率下所能向作物提供的水量相匹配, 对各生态区春小麦和大豆进行水分供需分析。作物的最大蒸散量由当地的最大潜在蒸散量 (ET_o , 由彭曼公式计算) 和作物水分系数 K_c 确定^[3]。

$ET_m = ET_{o1} K_c$

作物需灌水量 (I_r) = $ET_m - ET_a$

作物的灌溉定额用 mm 水柱表示, 单位换算公式为:

灌溉定额 (mm) = [灌溉定额 ($m^3 \text{ } \ddot{O}hm^2$) $\ddot{O}10000$]
 $\times 1000 = \frac{1}{10}$ 灌溉定额 ($m^3 \text{ } \ddot{O}hm^2$)

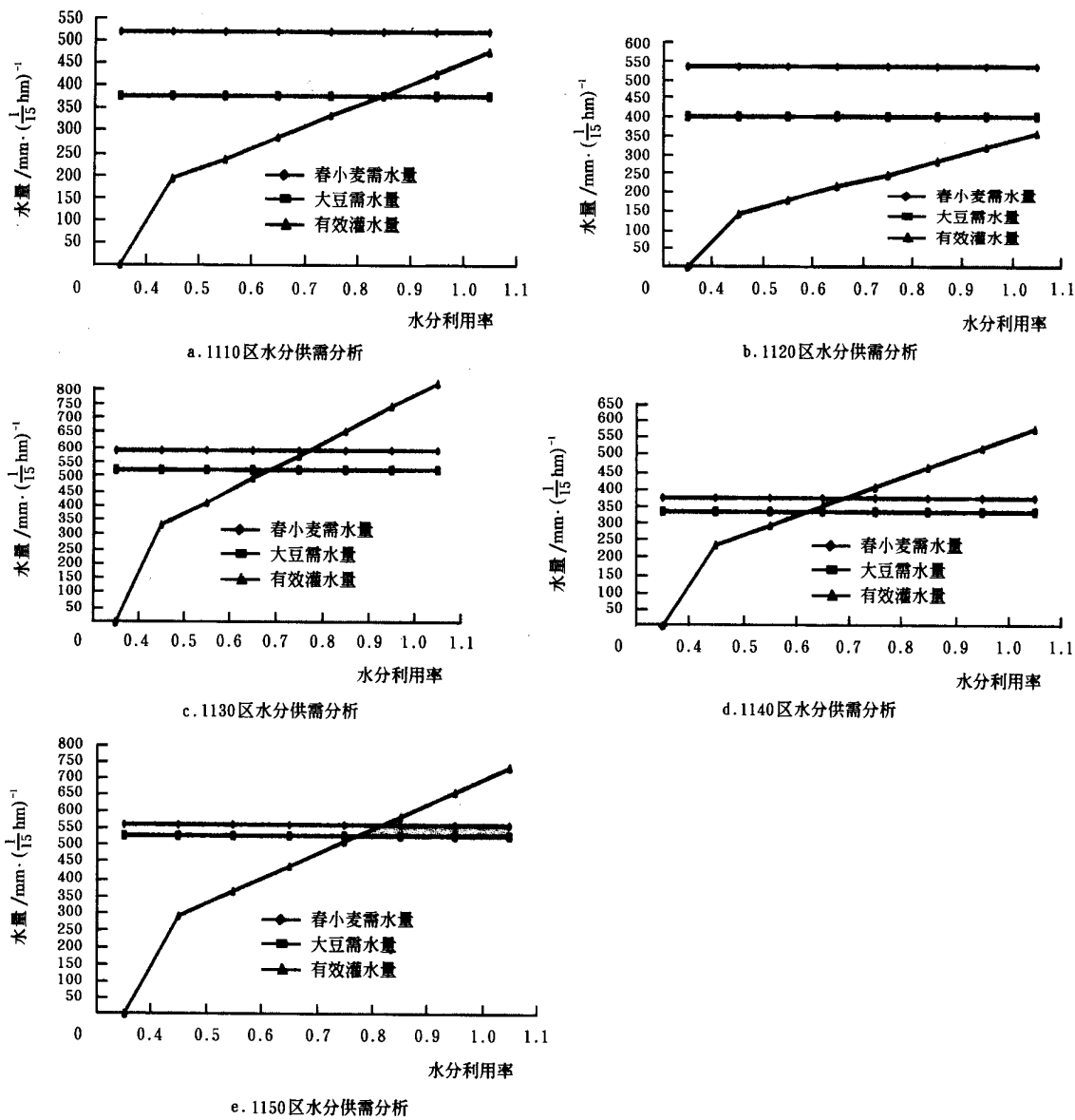


图 1 各生态区春小麦、大豆不同水分利用率下水分供需分析

Fig 1 Water supply and demand analysis for spring wheat and soybean under different water use efficiencies in each northwestern ecological zone

根据不同的水分有效利用率求出作物实际可利用的水量 P_w , 在某一水分有效利用率下, 若 $P_w < I_r$, 则水分仍不满足作物需求, 作物受水分胁迫造成产量降低; 当 $P_w = I_r$, 水分恰能满足作物要求; 当 $P_w > I_r$, 此时灌溉可供水量大于作物需水量, 造成水资源浪费。各生态区春小麦、大豆不同水分有效利

用率下水分的供需分析如图 1。

由上述分析得出: 1110、1120 生态区, 在目前 40% 的灌水有效利用率下远远满足不了春小麦需求。即使水分有效利用率提高到 100%, 要满足春小麦的生理需求, 按目前的灌溉水平, 1110 区缺 113 mm 灌水量, 1120 区缺 458 mm 灌水量, 这说明了

春小麦在目前灌溉定额下水分严重不足。除必须提高水分利用率外, 还需适当增加灌溉定额。对大豆, 1110 区只有当水分利用率提高到 80% 时, 才能完全满足大豆的需水要求, 1120 区整个灌溉定额满足不了大豆的生理需水。1130、1140、1150 生态区水分供需曲线相类似, 尽管在目前的灌水有效利用率下满足不了春小麦和大豆的水分需求, 但这三个区来自天山上融雪水的补充, 水资源量相对丰富, 综合灌溉定额较 1110、1120 生态区高(见表 1), 只要适当提高水分的有效利用率, 在目前灌溉定额下均能满足春小麦和大豆的需水要求。在 1130 区, 满足春小麦水分需求的水分有效利用率为 71.6%, 水分有效利用率只要达到 63.8% 就能满足大豆对水分的需求; 1140 生态区, 春小麦为 64.3%, 大豆为 58%; 1150 生态区, 春小麦为 76.9%, 大豆为 72%。通过图 1 的分析可看出, 造成目前作物缺水的原因主要不是灌水不足, 而是水分有效利用率太低。只要将水分有效利用率提高到 80% 以上, 1110、1120 生态区将很大程度上降低水分对作物产量的限制性, 1103、1140、1150 生态区目前的灌水量远远高于作物的需水量。因此, 西北区目前水分利用方式效率低下, 存在着明显的浪费, 使该地区水分短缺而浪费严重。

3 西北区不同有效水分利用率下粮食的生产潜力分析

西北农业作为灌溉农业, 水分的有效利用与粮食产量及人口的承载量息息相关。本文采用联合国粮农组织(FAO)用于计算土地生产潜力的农业生态区域(AEZ)法, 按照 De Wit 模型算出西北区不同生态区的光温生产潜力, 在此基础上通过水分胁迫与产量的关系式确定出不同水分利用率下因水分胁迫使春小麦和大豆实际所能达到的光温水产量。与目前水分有效利用率为 40% 下的光温水产量相比较, 分析不同水分有效利用率下不同生态区光温水的增产潜力(注: 此处的增产潜力是作物只受水分胁迫, 肥力、土壤等其它因素均假设完全适宜前提下水分的理论增产潜力)。De Wit 计算作物的光温生产潜力模型可综合为^[4]:

当 $Y_m > 20 \text{ kg} \cdot (\text{hm}^{-2} \cdot \text{h})$ 时:

$$YMP = CL \times CN \times G \times [F \times (0.8 + 0.01Y_m) \times Y_0 + (1 - F) \times (0.5 + 0.025Y_m) \times Y_c]$$

当 $Y_m < 20 \text{ kg} \cdot (\text{hm}^{-2} \cdot \text{h})$ 时:

$$YMP = CL \times CN \times G \times [F \times (0.5 + 0.025Y_m) \times Y_0 + (1 - F) \times (0.05Y_m) \times Y_c]$$

式中 Y_m ——作物种类和光合温度校正系数;

YMP ——作物光温生产潜力, $\text{kg} \cdot (\text{hm}^{-2} \cdot \text{d})$; F ——一天中阴天占的部分; Y_0 ——一定地点的参照作物在全阴天中的干物质总生产率, $\text{kg} \cdot (\text{hm}^{-2} \cdot \text{d})$; Y_c ——一定地点的参照作物在全晴天(无云)的干物质总生产率, $\text{kg} \cdot (\text{hm}^{-2} \cdot \text{d})$; CL ——叶面积的生长校正系数; CN ——作物在生长期日平均温度下呼吸消耗的净干物质产量的校正系数; G ——作物生育期, d。

根据作物最大蒸散量和自然降雨与不同有效水分利用率下实际可供水量($ET_a + I_r$), 计算作物整个生育期需水满足率(V)、产量降低率(U)和产量指数(IY), 从而求得不同有效水分利用率下作物的光温水生产力(YCP)。

对于水分匮乏:

$$V = (ET_a + I_r) / ET_m$$

$$U = K_y \times (1 - V) \times 100\%$$

$$IY = (1 - U) \times 100\%$$

式中 K_y ——作物产量反映系数。

最后, 由 $YCP = YMP \times IY$ 算出不同有效水分利用率下作物光温水生产潜力。与目前水分有效利用率为 40% 的光温水产量比较, 各生态区春小麦、大豆不同灌水利用率下的增产潜力分析见图 2。

由不同水分有效利用率下粮食增产潜力的柱状图可看出, 水分有效利用率每增加 10%, 各生态区春小麦、大豆的产量都明显的增加。1110、1120 区由于灌溉定额偏低, 满足不了春小麦需水要求, 随着水分有效利用率的提高, 粮食产量逐步提高。水分有效利用率每提高 10%, 1110 区春小麦平均增产 46.55 kg, 1120 区平均增产 35 kg。1130、1140、1150 生态区有效水分利用率分别达到 0.8、0.7、0.8 时, 春小麦产量不再随着水分利用率的提高而增加, 这说明水分已满足春小麦生育期需水, 理论上光温水产量等于光温产量, 水分已不再是影响春小麦产量的限制因子。在上述水分利用水平下, 春小麦产量相对水分有效利用率为 0.4 下的产量可分别增产 236.43、152.73 和 240.73 kg。对于大豆, 增产效果也比较显著, 除 1120 生态区外, 其它生态区在现有灌溉定额下提高水分有效利用率均可达到光温产量。由图 2 可知, 1110 区, 水分有效利用率为 0.8, 1130 区为 0.7, 1140 区为 0.6, 1150 区为 0.7 时, 大豆的产量不再增加, 反映出了大豆生育期短, 并且多处于降雨较多季节, 对灌溉水的需求较少, 当整个西北区水分有效利用率在目前水平下再提高 10%~20% 时, 水分基本能满足大豆的要求, 水分将不再是限制大豆产量发挥的主要因素。

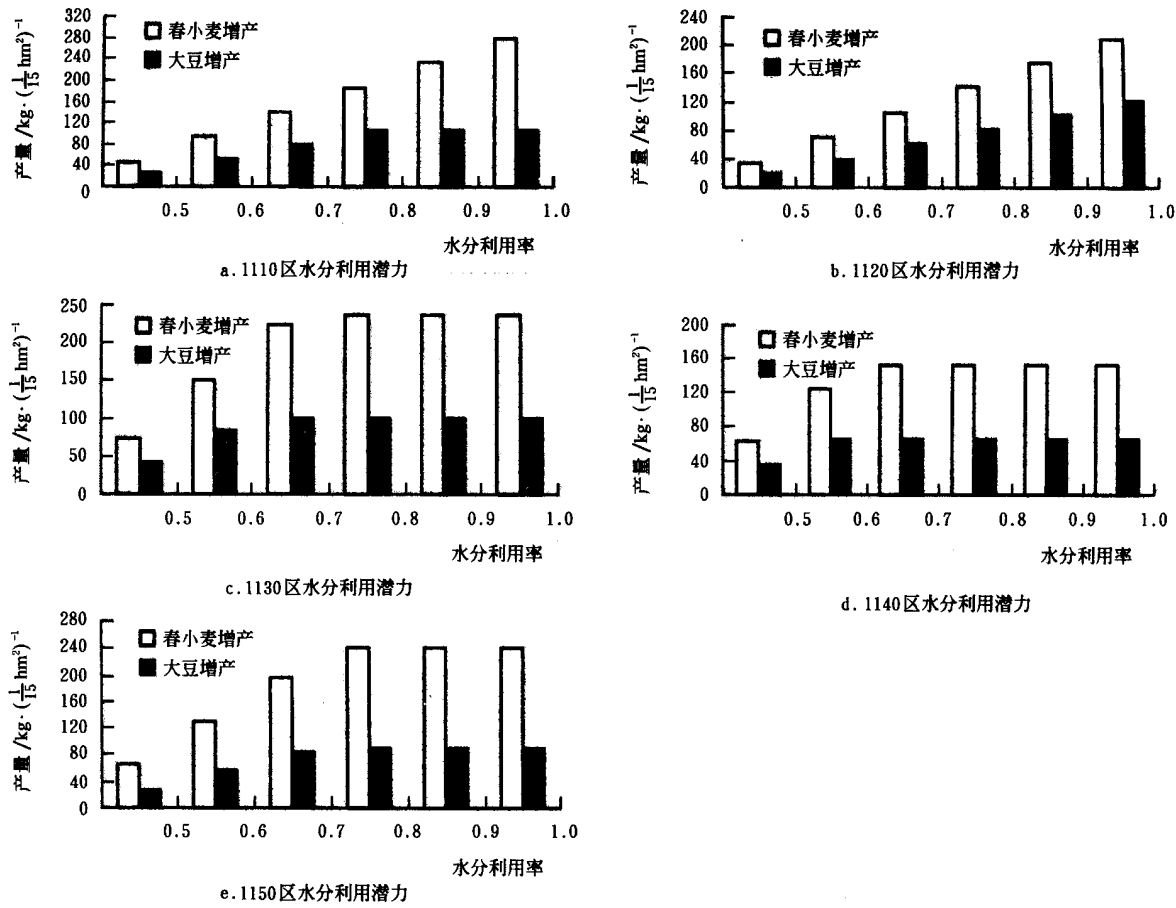


图2 各生态区不同水分利用效率下春小麦、大豆的增产潜力分析

Fig 2 The increasing production potential analysis of spring wheat and soybean under different water use efficiencies in each northwestern ecological zone

4 结 论

综上所述,通过对西北区目前水分利用现状研究,主栽作物春小麦、大豆不同水分有效利用率下水分供需分析及生产潜力分析,对西北区整个水分利用状况可得如下结论:

- 1) 西北区整个水资源量除南疆、北疆受天山雪原融雪水的补充,水量相对较其它区丰富外,整个地区水资源严重匮乏,没有水就没有农业,水是影响该地区土地生产潜力的首要限制性因子。
- 2) 目前该地区水分有效利用率很低,缺水与水资源浪费严重是该地区农业水资源状况的主要特点。由于某一地区水资源总量相对稳定,农业水资源的利用潜力在于通过技术措施提高水分有效利用率,而不是盲目扩大水浇地的灌溉面积。在水分有效利用率再提高 10%~ 20% 的前提下, 1110 和 1120

区应适当加大对春小麦的水分补给量,并适当进行作物间水量协调,其它生态区可适当扩大灌溉面积。

- 3) 西北区光热资源丰富,光温潜力很高,水分的限制成为发挥该地区光温潜力,提高土地生产潜力的瓶颈。一旦水分有效利用率在目前水平下提高 10%~ 20%,土地的生产潜力将有非常显著的突破。

[参 考 文 献]

- [1] 国家“九五”科技攻关项目“农业资源高效利用与管理技术”中国农业生态区划方案技术报告[R]
- [2] 国家“九五”科技攻关项目“农业资源高效利用与管理技术”962013201202 专题调研报告[R]
- [3] 国家土地管理局与联合国粮农组织《中国土地的人口承载力项目》技术报告[R] 第 2 卷, 1995 年
- [4] 国家土地管理局与联合国粮农组织《中国土地的人口承载力项目》技术报告[R] 第 3 卷, 1995 年

Calculation Method of the Optimum Planned-Elevation for Bulk Wide-Area Earthwork in Land Consolidation (173)

Deng Shouchang (Department of Architecture and engineering, Xiang Tan University, Xiangtan 411105, China)

Abstract In different conditions, there are different planned elevations for the bulk wide-area earthwork. On the basis of theory presented by professor Leiboumils (Bulgarian), with respect to calculation of the optimum planned elevation which is not subject to any condition, five theoretical formulae for calculating the optimum planned elevation in different special conditions are suggested: first, the distance of each point is equal in the ground of square; second, the planned area without retaining a height of given point (P); third, the planned area must retain a inclined angle in one direction; fourth, the planned area must retain the height h_1 and h_2 for two given points; fifth, the planned area must retain horizontal. In this way, the volume of earthwork can be the least and the calculation can also be simpler if calculation is made in accordance with the formulae under the original condition.

Key words: earthwork; optimum planned elevation; least square principle

· Review and Forum ·

Relationship Between Increasing Grain Output and Utilization Potential of Agricultural Water Resources in Severe-arid Northwestern Ecological Zones (177)

Ju Zhengshan¹, Zhang Fengrong², Liu Xiaoxia³ (1. Center for Land Consolidation and Rehabilitation, Ministry of Land and Resources, Beijing 100035, China; 2. China Agricultural University, Beijing 100083, China; 3. Xixia Costume Ltd. Co. Shandong Province, Xixia 265300, China)

Abstract Based on the study of status quo of agricultural water resources utilization in Northwestern Ecological Zones, this paper analyzed the water utilization potential and increasing production potential at the theoretical level by the method of AEZ. The results are: the whole Northwestern Ecological Zone is suffered from the shortage of water resources; Its current water use efficiency is low and the waste is as serious as shortage; Water is key to exert the biomass and maximum potential yield of crops. If the water use efficiency rises up 10%~20%, the land production potential will be sumounted greatly.

Key words: northwestern ecological zone; water use efficiency; potential analysis

Commercialized Operation Model and Development of Integrated Energy-Environment Engineering on Scaled Livestock Farms (181)

Yao Xiangjun¹, Hao Xianrong², Guo Xianzhang¹ (1. Energy & Environmental Protection Institute, Chinese Academy of Agricultural Engineering, Beijing 100026, China; 2. Rural Renewable Energy Office, Department of Science, Technology and Education, Ministry of Agriculture, Beijing 100026, China)

Abstract This paper defines the concept of energy (biogas)-environmental protection engineering on scaled livestock farms, which differs from large-medium scale biogas plants widely developed in China at previous time. Driven by pressure from environmental sector and demand for non-polluted agricultural products, it stresses that the integration of waste treatment with its utilization and the integration of livestock & poultry breeding with planting. The paper states that anaerobic digestion as the key technology in the system is significant for effluent control of livestock farms. Barriers to widely extend this technology are analyzed in its commercial development. Finally a case of feasibility study on swine farms in Luoniushan District of Hainan Province is presented.

Key words: livestock farm; energy-environmental protection engineering; commercialized operation

Research Advances of Postharvest Physiology, Postharvest Pathology and Storage and Transport Technologies for Longan Fruits (185)

Lin Hengtong^{1,2}, Xi Yufang¹, Chen Shaojun², Chen Jinquan², Hong Qizheng² (1. Department of Food Science and Nutrition, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China; 2. College of Food Science, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China)

Abstract The advances in the studies of postharvest physiology, postharvest pathology, differing storage and transport characteristics of cultivars, storage and transport technologies for longan fruits under