

# 环境因子与胡麻产量及品质相关性研究

党 照, 张建平, 王利民, 赵 玮, 李闻娟

(甘肃省农业科学院作物研究所, 甘肃 兰州 730070)

**摘要:** 利用气相色谱仪对不同环境条件下的胡麻品种进行脂肪酸组分分析, 研究环境因子对胡麻籽中脂肪酸组分、产量及含油率的影响。结果表明, 随着各环境因子指标的增长或提高, 各脂肪酸质量分数趋势各不相同。其中棕榈酸和硬脂酸质量分数变化不大; 亚油酸的变化比较平缓, 升降幅度不大; 油酸和亚麻酸质量分数趋势基本相反, 呈负相关, 但相关系数不显著。海拔与所有胡麻品种含油率均呈负相关, 说明海拔对含油率有抑制作用; 年降水量与含油率除均呈正相关, 说明年降水量对含油率有一定的促进作用。

**关键词:** 胡麻; 环境因子; 相关性分析; 脂肪酸组分

**中图分类号:** S563.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1463(2018)06-0021-05

[doi:10.3969/j.issn.1001-1463.2018.06.002](https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-1463.2018.06.002)

## Correlation Between Environmental Factors and Yield and Quality of Flax

DANG Zhao, ZHANG Jianping, WANG Limin, ZHAO Wei, LI Wenjuan

(Institute of Crops, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou Gansu 730070, China)

**Abstract:** Fatty acid components of flax species under different environmental conditions were analyzed with gas chromatograph, the effects of environmental factors on fatty acid composition, yield and oil yield of flaxseed were studied. The results showed that the trends of fatty acid content were different with the increase of each of environmental factors. The contents of palmitic acid and stearic acid did not change much; the change of linoleic acid was slow and the fluctuation was not significant; the trends of oleic acid and linoleic acid content were negative, but the correlation coefficient was not significant. The altitude has a negative correlation with the oil content of all kinds of flax varieties, which indicates that the altitude can inhibit the oil content; and the annual precipitation is positively correlated with the oil content, which indicates that the annual precipitation can promote the oil content.

**Key words:** Flax; Environmental factor; Correlation analysis; Fatty acid composition

胡麻是我国对油用亚麻和油纤兼用亚麻的俗称, 主要分布在甘肃、山西、内蒙古、宁夏、河北、新疆等 6 省(区)。青海、陕西, 吉林、黑龙江、西藏、云南、贵州、广西、山东等省(区)有零星种植。胡麻具有抗旱、耐寒、耐瘠薄等特点, 是我国西北、华北高寒干旱地区传统种植的主要油料作物, 也是该地区重要的经济作物<sup>[1-3]</sup>。

不同地域的环境因子不同, 从而对胡麻品质的影响也不同。环境因子对作物品质的影响在其他作物中研究的较多。林素兰等<sup>[4]</sup>研究表明, 小麦品质性状是由品种遗传特性和环境因素共同作用的复杂性状。Grausgruber H<sup>[5]</sup>、于亚雄等<sup>[6]</sup>认

为小麦蛋白质和湿面筋的质量分数主要受地点生态环境的影响, 而面团流变学特征则主要由品种遗传特性决定, 但也受生态环境等因素的影响。可见环境因素对品质的影响较大, 且在大作物上研究的较多, 但在胡麻上研究较少。我们采用田间记载与室内分析相结合的方法, 分析了不同生态区环境因子的变化对胡麻品种的产量和品质特性的影响, 以期对胡麻的高产优质栽培提供参考依据。

### 1 材料与方法

#### 1.1 供试材料

供试胡麻品种(系)为张亚 2 号(高亚麻酸品

收稿日期: 2018-03-08

基金项目: 国家胡麻产业技术体系(CARS-17-GW-02)。

作者简介: 党 照(1985—), 男, 甘肃会宁人, 助理研究员, 主要从事胡麻新品种选育工作。联系电话: (0)13669315005。Email: 42888654@qq.com。

通信作者: 张建平(1973—), 男, 甘肃天水人, 研究员, 主要从事胡麻育种工作。Email: 401101917@qq.com。

种, 亚麻酸质量分数 50%~55%)、皋兰白、临夏白、山丹白, 均为白粒品种; STS、DYM (低亚麻酸质量分数品种, 亚麻酸质量分数 30%~35%)、陇亚 10 号(CK)。均由甘肃省农业科学院作物研究所胡麻课题组提供。

### 1.2 试验区概况

试验选取甘肃省平凉市崆峒区、甘肃省永登县、甘肃省天祝县、河北省张家口市桥北区、甘肃省民乐县、甘肃省古浪县等 6 个不同环境气候区作为试验地点。各试验地点的环境因子指标见表 1。

### 1.3 试验方法

试验分设在 6 个不同生态区, 随机区组设计, 3 次重复, 小区面积 13.34 m<sup>2</sup>, 每小区种植 10 行胡麻, 每行播种 1 000 粒。播前耙磨整地, 结合整地施磷酸二铵 300 kg/hm<sup>2</sup>、尿素 112.5 kg/hm<sup>2</sup> 作基肥。其他管理方法按大田管理进行, 成熟时按小区收获后留种备用。

### 1.4 测定方法

利用气相色谱分析仪(型号: Agilent7820A)检测备用胡麻籽粒的品质特性。品质分析采用配置 FID, 分流/不分流进样口的 Agilent 7820 GC 检测, 以及 AT-FFAP 色谱柱(30 m×320 mm×0.33 μm)。进样口温度 250 °C、分流比 60:1、柱流速(N<sub>2</sub>)2 mL/min, 恒流模式; FID 温度 300 °C; H<sub>2</sub> 流速 40 mL/min; 空气流速 400 mL/min; 尾吹气(N<sub>2</sub>)流速 30 mL/min; 柱温程序 210 °C 恒温 8 min<sup>[7-8]</sup>。

### 1.5 数据处理

各试验点各品种间脂肪酸质量分数、产量、含油率均取平均值, 计算平均值和标准差。利用 DPS 软件进行数据相关分析。将 6 个试验点的环境因子由低到高或由小到大顺序排列, 以便利用折线图来表达在不同环境因子下各脂肪酸的走势(表 2)。

表 2 不同环境因子排列顺序

环境因子	试验点排序					
	1	2	3	4	5	6
纬度	崆峒	永登	天祝	古浪	民乐	桥北
经度	民乐	天祝	古浪	永登	崆峒	桥北
海拔	崆峒	桥北	民乐	古浪	永登	天祝
年平均气温	天祝	民乐	古浪	永登	桥北	崆峒
年降水量	永登	古浪	民乐	桥北	崆峒	天祝
年日照时数	崆峒	永登	天祝	桥北	民乐	古浪
无霜期	桥北	天祝	民乐	古浪	永登	崆峒

## 2 结果与分析

### 2.1 环境因子对胡麻籽粒脂肪酸质量分数的影响

从图 1 a 可以看出, 随着纬度的升高, 各脂肪酸质量分数的变化趋势不同。其中, 棕榈酸和硬脂酸质量分数随着纬度的升高而逐渐下降; 油酸质量分数先呈下降趋势, 到纬度 36° 48' 处开始上升, 37° 20' 时达到最高, 随后又开始下降, 最后在 40° 30' 处略有回升; 亚油酸质量分数随着纬度的升高呈先上升后逐渐下降趋势, 最高点出现在 36° 48'; 亚麻酸质量分数开始上升, 在 36° 29'~37° 20' 处下降, 37° 20' 为最低点, 随后开始上升, 纬度 38° 26' 与 40° 30' 之间基本持平。

由图 1 b 可以看出, 随着经度的变化, 棕榈酸和硬脂酸质量分数的变化趋势与纬度关系不大; 油酸质量分数随着经度的升高呈现波动变化趋势, 在 102° 42' 处达到最高; 亚油酸质量分数在 102° 40' 处达到最高, 随后开始逐渐下降; 亚麻酸质量分数先随经度的升高而逐渐下降, 后有所回升, 然后又下降, 经度大于 107° 20' 后显著升高。

通过图 1 c 可以看出, 随着海拔高度的逐渐升高, 棕榈酸和硬脂酸质量分数基本保持不变; 油酸质量分数呈先降后升再降的变化趋势, 海拔 1 700 m 时达到最高; 亚油酸质量分数在海拔 1 200~1 400 m 时逐渐下降, 1 400 m 后呈持续上升的趋势; 亚麻酸质量分数呈先升后降的变化趋

表 1 不同试验点的环境因子

试验地点	海拔 /m	年平均气温 /°C	年日照时数 /h	年平均降水量 /mm	无霜期 /d	北纬	东经
永登	2 200	6.9	2 446	220.0	150	36° 29'	103° 40'
天祝	2 500	3.6	2 633	480.0	135	36° 48'	102° 40'
民乐	1 600	4.1	2 884	351.0	140	38° 26'	100° 52'
古浪	1 700	5.3	2 912	226.0	141	37° 20'	102° 42'
桥北	1 400	7.5	2 800	406.0	120	40° 30'	115° 50'
崆峒	1 200	9.5	1 981	476.5	163	35° 24'	107° 20'

势，在海拔 1 700 m 达到最低点，然后上升，在海拔 2 200 ~ 2 500 m 时又略有下降。

由图 1 d 可以看出，在年平均气温的逐步升高的情况下，各脂肪酸质量分数呈现不同的变化趋势，棕榈酸和硬脂酸质量分数随年平均气温的升高变化不大；油酸质量分数呈先降后升再降再升的变化趋势，最高点出现在 5.3 ℃；亚油酸质量分数随着年平均气温的升高持续缓慢下降；亚麻酸呈先升后降再升再降的变化趋势，最高点出现在 7.5 ℃。

由图 1 e 可以看出，随着年日照时数逐步升高，棕榈酸质量分数基本不变，硬脂酸质量分数在 2 884 ~ 2 912 h 时略微升高；油酸开始持续下降，直到 2 884 h 后开始上升；亚油酸质量分数最

高点出现在 2 633 h，随后开始下降，在 2 800 h 后小幅回升；亚麻酸质量分数先逐渐上升，最高点在 2 884 h，然后开始下降。

由图 1 f 可以看出，在年降水量逐步升高的情况下，各脂肪酸质量分数走势不同，棕榈酸和硬脂酸质量分数随年降水量逐步升高基本保持不变；亚油酸质量分数在年降水量 406.0 mm 后开始明显上升；油酸和亚麻酸质量分数的变化趋势相反，在油酸质量分数回落时亚麻酸质量分数上升，在油酸上升时亚麻酸质量分数回落。亚麻酸质量分数最高点出现在 406.0 mm。

由图 1 g 可见，随着无霜期天数逐渐增多，棕榈酸、硬脂酸质量分数基本不受影响；油酸质量

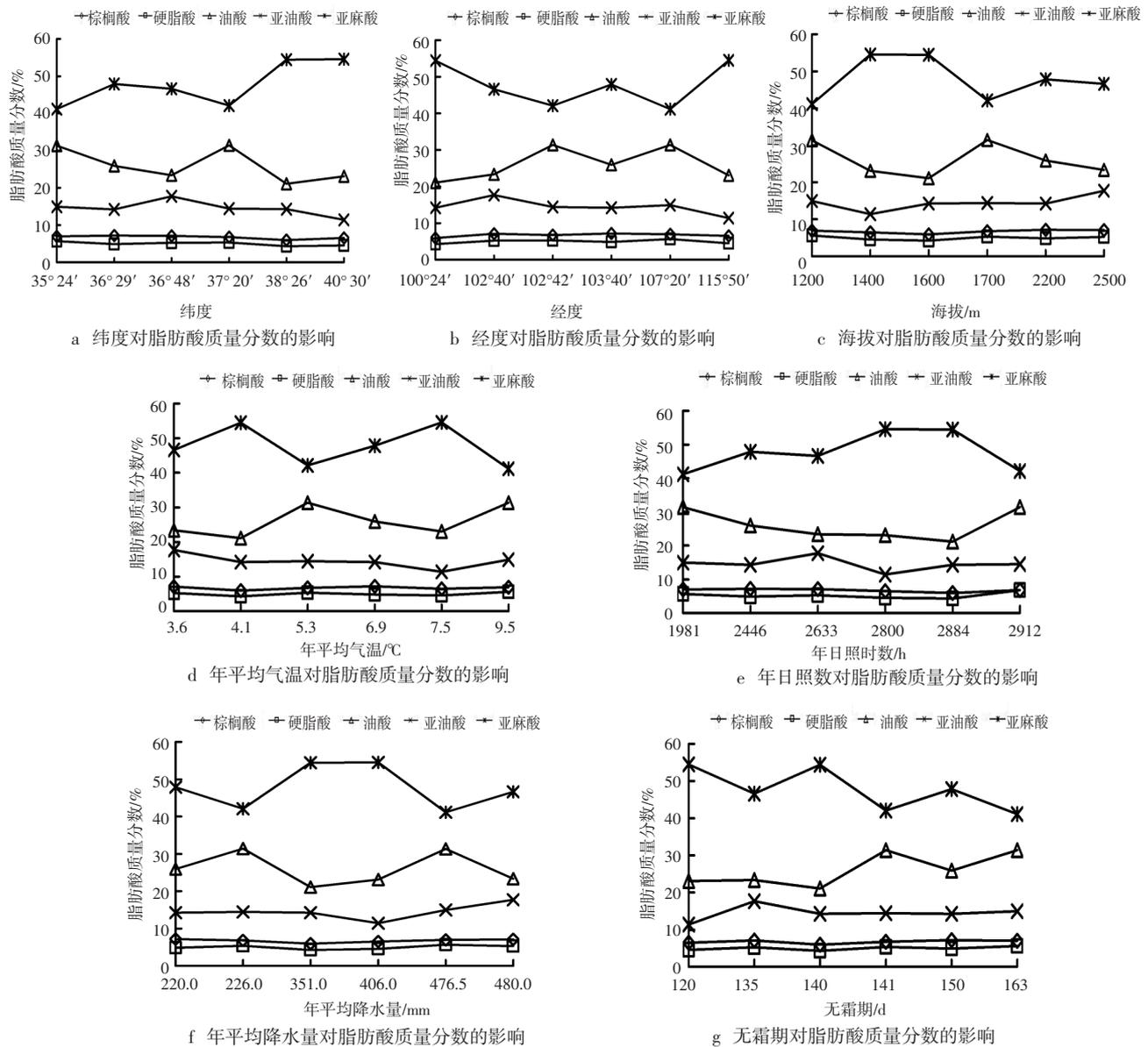


图 1 环境因子对脂肪酸质量分数的影响

分数在 141 d 后开始有上升趋势；亚油酸质量分数在 135 d 后开始缓慢下降；亚麻酸质量分数在 120 d 时达到最高，141 d 时最低，与油酸质量分数的变化趋势相反。

## 2.2 环境因子与胡麻籽粒脂肪酸质量分数的相关性

通过表 3 可以看出，海拔与棕榈酸、硬脂酸、亚油酸质量分数呈正相关关系，与油酸和亚麻酸呈负相关关系；年平均气温与棕榈酸、硬脂酸、油酸质量分数呈正相关关系，与亚油酸和亚麻酸呈负相关关系；年日照时数与亚麻酸质量分数呈正相关关系，与其他脂肪酸均呈负相关关系；年降水量与油酸成负相关关系，与其他脂肪酸均呈正相关关系；无霜期与亚麻酸呈负相关关系，与其他脂肪酸均呈正相关关系。其中棕榈酸质量分数与海拔之间正相关系数最高，为 0.49；与年日照时数之间负相关系数最高，为 -0.56。硬脂酸质量分数与无霜期正相关系数最高，为 0.60；与年日照时数负相关系数最高，为 -0.08。油酸质量分数与无霜期之间正相关系数最高，为 0.63；与年日照时数之间的负相关系数最高，为 -0.47。亚油酸质量分数与海拔之间正相关系数最高，为 0.64，

表 3 环境因子与各脂肪酸的相关性

环境因子	脂肪酸				
	棕榈酸	硬脂酸	油酸	亚油酸	亚麻酸
海拔	0.49	0.02	-0.32	0.64	-0.02
年平均气温	0.26	0.35	0.53	-0.47	-0.29
年日照时数	-0.56	-0.08	-0.47	-0.23	0.54
年降水量	0.01	0.22	-0.19	0.29	0.03
无霜期	0.37	0.60	0.63	0.36	-0.69

与年平均气温负相关最高，为 -0.47；亚麻酸质量分数与年日照时数之间的正相关最高，为 0.54；与无霜期之间的负相关最高，为 -0.69。各相关系数均未达到显著水平。

## 2.3 不同试验点的胡麻含油率

从表 4 可以看出，不同试验点胡麻含油率以张家口最高，平均达 40.59%；民乐居第 2 位，平均 40.31%，这 2 个试验点之间差异不显著，且均与平凉点差异也不显著，与其他试验点差异达极显著水平。不同胡麻品种含油率以张亚 2 号最高，平均为 40.66%；陇亚 10 号居第 2 位，平均为 40.49%，这 2 个品种之间差异不显著，均与临夏白、山丹白之间差异显著，与皋兰白、STS 和 DYM 之间差异达极显著水平。

## 2.3 环境因子与不同胡麻品种产量及含油率的相关性

从表 5 可以看出，海拔与张亚 2 号产量呈负相关，与 STS 产量相关系数为 0，与其余品种产量呈正相关。年平均气温与 STS、陇亚 10 号产量呈显著负相关，与 DYM 产量呈极显著负相关，与皋兰白、临夏白产量呈负相关，与张亚 2 号、山丹白产量呈正相关。年日照时数与临夏白、山丹白产量呈负相关，与其余品种产量呈正相关。年降水量与临夏白产量呈显著正相关，与皋兰白、山丹白、STS、陇亚 10 号产量呈正相关，与张亚 2 号、DYM 产量呈负相关。无霜期与张亚 2 号产量呈显著负相关，与皋兰白、STS、DYM、陇亚 10 号产量呈负相关，与临夏白、山丹白产量呈正相关。

从表 6 可以看出，海拔与所有品种的含油率均呈负相关。年平均气温仅与山丹白含油率呈负

表 4 不同试验点参试胡麻品种(系)的含油率

试验点	张亚 2 号 /%	皋兰白 /%	临夏白 /%	山丹白 /%	STS /%	DYM /%	陇亚 10 号 /%	平均值 /%	标准差
崆峒	41.26	39.42	40.42	39.76	40.17	39.26	40.67	40.13 abAB	0.660 3
永登	40.55	38.92	39.65	39.22	39.94	38.47	40.26	39.57 bB	0.690 2
天祝	40.92	38.63	40.08	40.05	38.92	38.52	39.98	39.58 bB	0.835 6
古浪	40.31	38.05	40.11	40.27	39.46	38.19	40.05	39.49 bB	0.905 8
民乐	39.89	39.92	40.57	40.92	40.2	39.64	41.07	40.31 aA	0.508 0
桥北	41.05	39.86	41.02	40.73	40.78	39.83	40.92	40.59 aA	0.488 6
平均值/%	40.66 aA	39.13 cB	40.30 bAB	40.15 bAB	39.91cB	38.98cB	40.49 aA		
标准差	0.5113	0.7351	0.4717	0.6277	0.6469	0.683	0.4605		

表 5 不同环境因子与不同胡麻品种产量的相关性

环境因子	张亚2号	皋兰白	临夏白	山丹白	STS	DYM	陇亚10号
海拔	-0.24	0.33	0.43	0.63	0	0.30	0.68
年平均气温	0.18	-0.54	-0.21	0.06	-0.79 *	-0.88 **	-0.84 *
年日照时数	0.40	0.35	-0.43	-0.62	0.49	0.63	0.68
年降水量	-0.07	0.65	0.76 *	0.30	0.36	-0.14	0.03
无霜期	-0.76 *	-0.64	0.21	0.38	-0.46	-0.19	-0.71

表 6 不同环境因子与不同胡麻品种含油率的相关性

环境因子	张亚2号	皋兰白	临夏白	山丹白	STS	DYM	陇亚10号
海拔	-0.15	-0.52	-0.69	-0.39	-0.75	-0.65	-0.71
年平均气温	0.64	0.29	0.2	-0.38	0.61	0.29	0.29
年日照时数	-0.66	-0.1	0.22	0.68	-0.07	0	0.03
年降水量	0.63	0.41	0.49	0.21	0.01	0.47	0.24
无霜期	0.09	-0.16	-0.51	-0.65	-0.14	-0.29	-0.14

相关, 与其他品种含油率呈正相关。年日照时数与 DYM 含油率相关系数为 0, 与临夏白、山丹白、陇亚 10 号含油率呈正相关, 与张亚 2 号、皋兰白、STS 含油率呈负相关。年降水量与各品种含油率均呈正相关。无霜期与张亚 2 号含油率呈正相关, 与其余品种含油率呈负相关。

### 3 小结与讨论

研究表明, 随着各环境因子的变化, 各脂肪酸走势各不相同。其中棕榈酸和硬脂酸质量分数在不同环境下变化不大, 说明这两种脂肪酸基本不受各环境因子的影响; 亚油酸的变化趋势比较平缓, 升降幅度不大, 基本保持相对稳定的比例; 随环境因子的变化, 油酸和亚麻酸质量分数走势基本呈相反趋势, 即当油酸质量分数上升时亚麻酸质量分数下降, 当油酸质量分数下降时亚麻酸质量分数上升。环境因子与脂肪酸的各相关系数均未达到显著水平。海拔仅与张亚 2 号产量呈负相关, 与其他品种均呈正相关; 年平均气温与 STS、陇亚 10 号产量呈显著负相关, 与 DYM 产量呈极显著负相关; 年降水量与临夏白产量呈显著正相关, 无霜期与张亚 2 号呈显著负相关。

不同试验点间的胡麻含油率以张家口最高, 平均达 40.59%; 民乐居第 2 位, 平均 40.31%。不同胡麻品种含油率以张亚 2 号最高, 平均为 40.66%; 陇亚 10 号居第 2 位, 平均为 40.49%。海拔与所有胡麻品种含油率均呈负相关, 说明

海拔对含油率有抑制作用; 年平均气温除山丹白外与含油率均呈正相关, 说明年平均气温对含油率有一定的促进作用; 年降水量与所有胡麻品种含油率均呈正相关, 说明对含油率有促进作用。

### 参考文献:

- [1] 王宗胜. 平凉市胡麻产业发展刍议[J]. 甘肃农业科技, 2017(5): 72-75.
- [2] 赵 玮, 党占海, 张建平, 等. NaCl 胁迫对不同抗旱强度胡麻品种农艺性状和生理指标的影响[J]. 甘肃农业科技, 2016(1): 72-75.
- [3] 杜彦斌, 王立军, 张 金, 等. 胡麻新品种天亚 11 号选育报告[J]. 甘肃农业科技, 2018(2): 24-26.
- [4] 林素兰. 环境及栽培技术对小麦品质的影响[J]. 辽宁农业科学, 1997(2): 30-31.
- [5] GRAUSGRUBET H, OBERFORSTER M, WERTEKER M, *et al.* 2000 Stability of quality traits in Austrian-grown winter wheats [J]. *Field Crops Res.* 66: 257-267.
- [6] 于亚雄, 陈坤玲. 云南高原不同环境对小麦品质的影响[J]. 麦类作物学报, 1996, 21(1): 51-54.
- [7] 党 照, 赵 利. 利用近红外分析技术测定胡麻种质资源品质[J]. 西北农业学报, 2008, 17 (2): 110-113.
- [8] 党 照, 牛俊义, 党占海, 等. 胡麻种子发育过程中  $\alpha$ -亚麻酸的积累规律[J]. 西北农业学报, 2014(12): 90-95.

(本文责编: 陈 伟)