

孙爱良,何璇,王佳真,等.冬枣果实成熟期含糖量变化特征与连阴雨裂果的关系[J].江苏农业科学,2020,48(19):160-164.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.19.035

冬枣果实成熟期含糖量变化特征与连阴雨裂果的关系

孙爱良¹,何璇²,王佳真¹,孙萌萌¹,任妙春²

(1.河北省黄骅市气象局,河北黄骅 061100; 2.河北省沧州市气象台,河北沧州 061001)

摘要:通过冬枣成熟期连阴雨灾害试验,对冬枣成熟期含糖量的变化特征进行研究,并对冬枣成熟期不同阶段内连阴雨灾害造成的裂果数量与含糖量的关系进行研究。结果发现:(1)冬枣进入成熟期后,糖分合成与发育时间呈现稳定的线性正相关关系,其趋势线满足回归方程 $y = 0.3437x - 14886$,在冬枣成熟期的 3 个阶段内,含糖量的变化规律是完熟期 > 脆熟期 > 白熟期。(2)在不考虑降水量和降水时间等气象要素的影响下,连阴雨灾害造成的冬枣裂果率与含糖量的关系分为 3 个阶段:含糖量 $11.9\% < K < 19.1\%$ 时为不敏感阶段,连阴雨造成的裂果程度随着含糖量的增加而缓慢增加。含糖量在 $19.1\% \leq K < 25.1\%$ 时为敏感阶段,此阶段对连阴雨灾害造成的冬枣裂果最为严重。当含糖量 $K \geq 25.1\%$ 时,连阴雨灾害造成的裂果现象数量逐渐减少,冬枣果实对连阴雨的反应敏感度下降。该研究可为进一步探索连阴雨灾害造成的冬枣裂果、落果等防御措施提供理论和数据支持。

关键词:冬枣;成熟期;含糖量;秋季连阴雨;裂果

中图分类号:S665.101 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2020)19-0160-05

冬枣是我国主要的鲜食枣品种之一,具有较高的营养和保健价值,其维生素 C 含量是苹果的 70 倍、梨的 100 倍、金丝小枣的 20 倍,还含有 K、Na、Fe、Cu 等多种微量元素,营养价值居“百果之冠”,被誉为“天然维生素丸”^[1]。河北省东部地区是我国冬枣的主要产区及发源地,近年来种植面积、产量、品质均有较快增长,成为当地农民增收的一个重要途径。但随着冬枣种植效益的增长,一些对冬枣生产影响较大的连阴雨、低温冻害等气象灾害所造成的损失日益凸显,有关研究显示,在全球气候变暖的大背景下,这些灾害的发生频率有增加趋势^[2],在个别年份会造成较大损失,甚至绝产。

冬枣生长在进入成熟期后,果实总糖含量增加迅速,原来不溶于水的原果胶与纤维素不断分离,分解成能溶于水的果胶,果肉细胞间结合开始变得松散,遇连阴雨天气时,果肉过量吸收水分、迅速膨胀,挤破果皮,造成裂果,形成灾害。在河北东部地区,冬枣一般在 9 月后进入成熟期,此时正是秋季连阴雨灾害发生频繁的季节,因此,连阴雨灾害也是

这个时期对冬枣影响较大的农业气象灾害之一。近年来,很多农业及气象科研人员对此开展了大量研究,孙爱良等依据冬枣周年生育期内的水分需求特点,对由于降水特征变化造成冀东地区冬枣生产管理措施的改变情况进行了研究,并对当地秋季连阴雨灾害的变化趋势和规律进行分析^[3];张凌云根据秋季连阴雨对红枣裂果的影响进行了研究,提出了在相同气象条件下,红枣成熟期的不同阶段连阴雨造成的裂果程度存在差异^[4];陈红萍等通过科学试验,对造成裂果的外在因素即降水、日照、气温等进行了深入研究^[5]。以上研究均指出在红枣或冬枣成熟期的不同生长阶段,连阴雨灾害所造成的裂果程度存在差异。冬枣在进入成熟期后,糖分合成增加迅速,各个阶段内的糖含量差异明显,相关研究显示,含糖量多少与枣裂果之间存在相关性^[6],但是,目前国内外对于冬枣含糖量与连阴雨造成的裂果之间的关系缺乏深入研究,本课题拟通过试验研究冬枣成熟期含糖量变化特征及其与连阴雨裂果之间的关系,可以为进一步制定冬枣连阴雨灾害造成的裂果、落果等防御措施,提供理论和数据支持。

1 材料与方法

1.1 试验设计

2018 年秋季,冬枣进入成熟期后,在河北省东

收稿日期:2019-12-09

基金项目:河北省沧州市枣气象服务创新团队科研资助项目(编号:CZ2018001)。

作者简介:孙爱良(1970—),男,河北泊头人,高级工程师,主要从事果树农业气象灾害监测、预警、防御措施的研究。E-mail:sal8@sina.com。

部冬枣主产区的黄骅市羊三木乡辛庄村的冬枣园内,选择5~6年生盛果期冬枣树18株。自9月1日起至10月10日止,每5d为1组试验,选择其中的3株冬枣树作为3个试验重复(I、II、III),分别搭建遮阴棚,棚顶安装喷淋装置,按照设定的时间段自动进行喷淋,连续进行5d,模拟连阴雨天气状态,观测记录冬枣含糖量及裂果情况。一组试验进行完毕,间隔2d,再更换3株树木进行下一组,以此类推,共进行6组试验(P1~P6)。同时在枣园内选择一株有代表性的盛果期冬枣树作为对照树(CK),观测其正常天气状况下的含糖量和裂果率。

1.2 观测方法与仪器

观测方法:每日15:00—16:00,对3个重复内

的冬枣裂果情况进行观测:先在每个重复内选择有代表性的枝条,选定成熟度较好的冬枣果实约50枚作为基础样本数并做好标记,每日记录其中的裂果数。同时,分别于每个重复内及对照树(CK)上,选取有代表性的果实3枚,装入样品袋内带回,分别测量其含糖量,计算其平均值,作为裂果的含糖量。

试验所使用的糖度计采用日本 ATAGO 爱拓公司生产的手持式 PAL-1 型数显水果测糖仪,测量范围0~53%,测量精度为±0.2%。

1.3 原始数据整理

整个试验共进行40d,经过对观测数据初步整理,剔除人为影响或其他原因造成的异常数据,共取得30组数据(表1)。

表1 冬枣含糖量与连阴雨裂果试验原始数据一览表

日期 (月-日)	含糖量(%)					裂果数(个)		
	I	II	III	平均	CK	I	II	III
09-01	13.0	11.7	12.9	12.5	12.9			
09-02	12.2	12.2	12.6	12.3	12.6			
09-03	13.2	12.8	13.1	13.0	13.1			
09-04	11.7	12.4	11.9	12.0	11.0			1
09-05	13.6	12.2	11.3	12.4	11.3			
09-08	18.5	11.4	12.5	14.1	14.3			
09-09	17.4	14.9	15.0	15.8	14.9		1	
09-10	15.3	15.2	14.4	15.0	14.2			
09-11	15.3	14.4	16.8	15.5	18.3			
09-12	15.2	16.2	16.7	16.0	15.7			1
09-15	15.4	18.3	14.2	16.0	15.1			
09-16	15.3	16.4	16.7	16.1	17.7			
09-17	21.5	19.9	18.5	20.0	23.7			
09-18	19.9	21.3	17.1	19.4	18.1		3	
09-19	18.3	20.2	16.7	18.4	18.3	4	6	3

日期 (月-日)	含糖量(%)					裂果数(个)		
	I	II	III	平均	CK	I	II	III
09-22	18.7	20.6	18.1	19.1	18.4			1
09-23	20.3	22.4	19.4	20.7	21.2	1	1	1
09-24	21.2	20.8	21.1	21.0	21.5			
09-25	21.1	20.1	19.7	20.3	20.2	5		
09-26	22.7	22.9	23.1	22.9	21.5	3	1	5
09-29	23.3	21.8	20.3	21.8	21.2	1	4	4
09-30	21.2	19.9	20.6	20.6	22.3	1		
10-01	28.3	26.8	23.3	26.1	23.9	2		
10-02	24.5	25.6	23.3	24.5	23.8	1	1	
10-03	28.3	26.1	21.3	25.2	24.5	1		1
10-06	23.1	24.1	22.1	23.1	22.5		1	1
10-07	24.2	24.5	23.6	24.1	23.5	1	1	1
10-08	27.9	25.4	23.9	25.7	23.8	1	1	
10-09	26.4	25.9	24.9	25.7	24.3	1	1	1
10-10	25.1	26.2	24.1	25.1	25.6	1		1

由于冬枣含糖量的变化是一个缓慢的过程,相邻2d间变化不明显,且样本的选取存在一定的人为影响因素,所测数值存在反复的现象,因此,对原始数据按照试验分组分别计算各组内每个重复连

续5d平均含糖量及平均裂果率,进行整理(表2)。

冬枣在进入成熟期后,共经历白熟、脆熟、完熟3个阶段,根据实际物候观测,在6组试验中,P1、P2处于白熟阶段,P3、P4处于脆熟阶段,P5组试验之

表2 冬枣成熟期连阴雨试验各分组数据一览表

试验分组	含糖量(%)				裂果率(%)			
	I	II	III	平均	I	II	III	平均
P1	12.7	12.3	12.2	12.4	0	0	1.2	0.4
P2	16.3	14.4	15.1	15.3	0	1.7	1.7	1.1
P3	18.1	19.2	16.6	18.0	5.6	13.2	5.3	8.3
P4	20.8	21.4	20.3	20.8	19.6	4.9	16.3	13.6
P5	25.1	24.0	21.8	23.6	11.5	7.9	9.8	9.7
P6	25.3	25.2	23.7	24.7	8.0	7.4	7.7	7.7

后,进入到完熟阶段。

1.4 统计分析方法

采用 SPSS 19.0 和 Excel 2010 软件对观测数据进行统计及作图。

2 结果与分析

2.1 冬枣成熟期含糖量变化特征

果树果实生长进入成熟期后,各种营养物质加

速合成、分解和转化,淀粉、果酸等储藏物质逐渐水解成蔗糖、葡萄糖和果糖等可溶性糖,使得果实总糖含量增加,果实变甜^[7],但不同果实的糖转化速度和程度存在差异,将本试验中自然状态下生长的冬枣对照树(CK)和 3 个重复内所测得的平均含糖量的 30 组试验测试数据,点绘成冬枣成熟期含糖量变化散点图(图 1)。

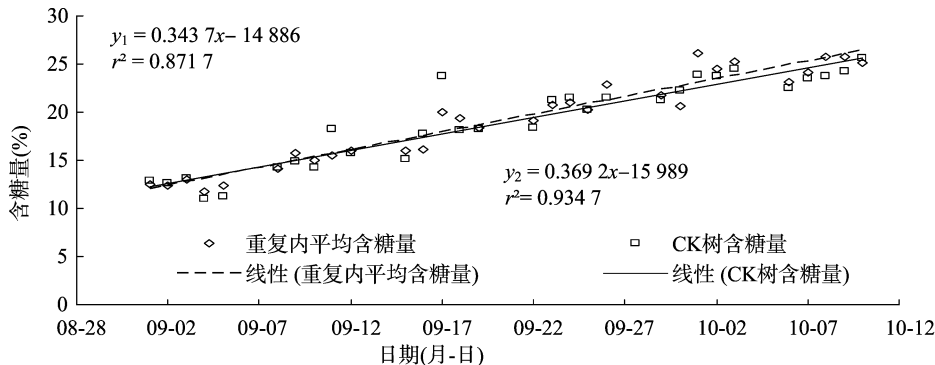


图1 冬枣成熟期含糖量变化散点图

由图 1 可以看出,无论是试验重复内的平均含糖量数值还是 CK 树测量的含糖量数值,在散点图上都集中在一个狭窄的区域内,其趋势线高度重合,分别满足回归方程 $y_1 = 0.3437x - 14886$ 和 $y_2 = 0.3692x - 15989$,决定系数分别为 $r^2 = 0.8717$ 、 $r^2 = 0.9347$,方程均极显著。进一步将依据试验分组(P1~P6)计算出的平均含糖量数据(表 2),绘成直方图(图 2),其含糖量变化趋势满足方程 $y = 2.55x + 10.21$,决定系数 $r^2 = 0.9900$,方程极显著。

2 种分析方法均说明,冬枣在进入成熟期后,在正常气象条件下,冬枣糖分转化速度与发育时间呈现稳定的线性正相关关系。

表 3 冬枣成熟期不同阶段含糖量变化

发育阶段	含糖量(%)	
	变化范围	平均值
白熟期(9月1—12日)	11.0~18.5	13.9
脆熟期(9月13—26日)	14.2~23.7	19.4
完熟期(9月27日至10月10日)	19.9~28.3	24.2

由表 3 可以看出,含糖量的变化规律是完熟期>脆熟期>白熟期,平均值分别为 24.2、19.4、13.9。

2.2 冬枣裂果与含糖量的相关关系

计算表 2 中 6 组试验(P1~P6)的平均含糖量与裂果率之间的简单相关系数得 0.7534,满足 $\alpha = 0.1$ 的显著性检验,说明冬枣裂果与含糖量存在相关关系。

将表 2 中 6 组试验(P1~P6)的平均含糖量与裂果率点绘成图(图 3),对比图中裂果率变化曲线可以看出,裂果率与含糖量有明显的对应关系,在白熟阶段(P1、P2)内,裂果率随含糖量的增加变化不明显,进入脆熟阶段(P3、P4)后,裂果率随着含糖量的增加而明显增加,在进入完熟阶段(P5、P6)后,含糖量继续增加,由连阴雨造成的裂果率反而略有下降,对连阴雨灾害的敏感程度有所降低。

结合冬枣成熟期果实生理变化特点综合分析可知,冬枣进入成熟期后,含糖量稳步增加,原来不溶于水的原果胶与纤维素不断分离^[8],分解成能溶

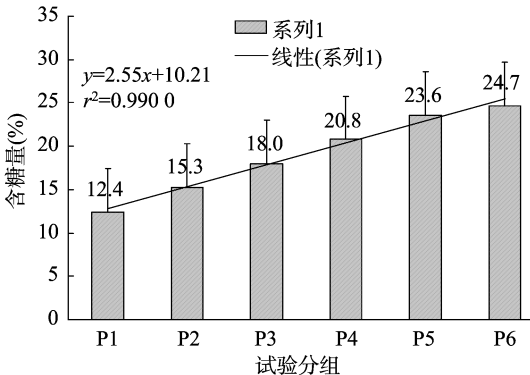


图2 冬枣成熟期连阴雨灾害试验各组平均含糖量直方图

结合成熟期的白熟、脆熟、完熟 3 个阶段物候期,对观测数据做进一步分析整理,发现在 3 个阶段内,含糖量变化存在一定范围,具体见表 3。

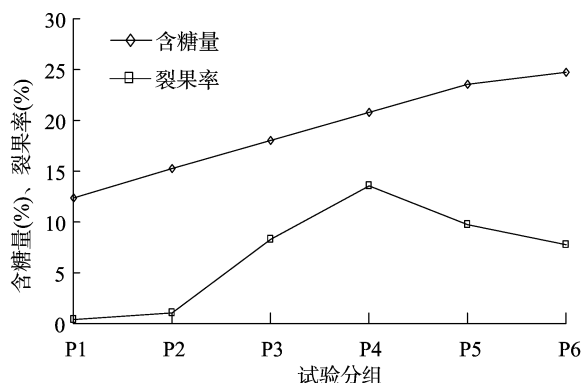


图3 各组试验裂果率与含糖量变化趋势

于水的果胶,在白熟期阶段,冬枣刚刚进入糖化阶段,生长缓慢,总体含糖量不高,果皮果肉生长均衡,内部组织中的原果胶与纤维素紧密结合,直接吸水性强,不会裂果;而在进入脆熟期后,随着含糖量的增加,果肉细胞间结合也开始变得松散,遇连阴雨天气时,冬枣果肉过量吸收水分、迅速膨胀,脆弱薄嫩的果皮被撑压挤破,造成裂果。由此可见,含糖量也是影响冬枣连阴雨裂果的一个重要影响因素,可以作为分析冬枣成熟期连阴雨裂果的一种指标。

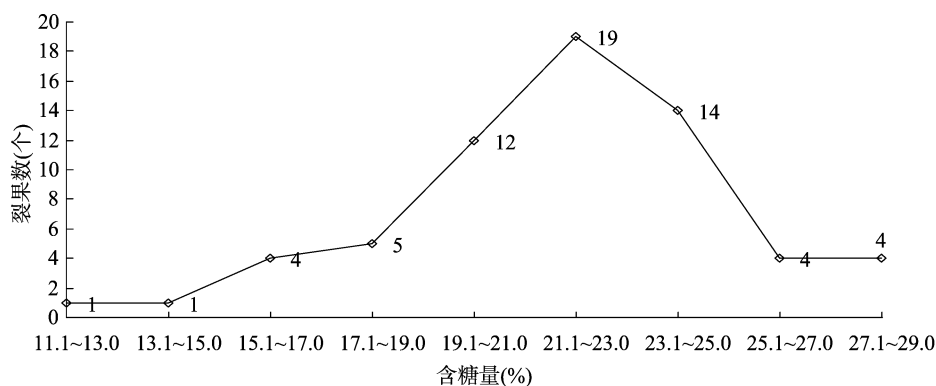


图4 冬枣连阴雨试验各含糖量阶段裂果情况

仔细观察分析图4,可以看出,连阴雨造成的裂果数量(N)与含糖量(K)的变化,基本可以分为如表5所示的3个阶段,可以得到反映冬枣成熟期含糖量与裂果关系的3个重要指标,即11.9%、19.1%、25.1%,作为指导实际农业生产的气象指标,即当冬枣含糖量 $11.9\% < K < 19.1\%$ 时,连阴雨天气就会造成裂果,就应关注连阴雨天气现象;当含糖量 $19.1\% \leq K < 25.1\%$ 时,连阴雨对冬枣造成的灾害最为严重,在连阴雨天气来临之前,就应及时采摘,以免造成较大损失;当 $K \geq 25.1\%$ 时,冬枣果实对连阴雨的反应就不再敏感,但此时,果皮变厚,果肉变软,口

2.3 裂果与含糖量指标的确定

由上述分析可知,由连阴雨天气造成的冬枣裂果率的变化,与含糖量的增加存在明显的正相关关系,为进一步做量化研究,继续对含糖量及裂果率数据进行整理,将观测到的含糖量数据从最低数值11.0%开始至最大值30.0%为止,以步长为2.0%,将含糖量数值离散成不连续的9个区间,并将各个区间内的裂果数量进行对应,整理成表4,依照其中数据点绘成折线图(图4)。

表4 冬枣连阴雨试验各含糖量区段裂果数

含糖量区间(%)	裂果数(个)
11.1~13.0	1
13.1~15.0	1
15.1~17.0	4
17.1~19.0	5
19.1~21.0	12
21.1~23.0	19
23.1~25.0	14
25.1~27.0	4
27.1~29.0	4

感相应变差,实际生产中,就应使冬枣采摘基本结束。

2.3.2 检验 为了确保以上得出的11.9%、19.1%、25.1%这3个指标具有实际的生产指导意义,将表4中的数据做进一步的整理,分为 $11.9\% < K < 19.1\%$ 、 $19.1\% \leq K < 25.1\%$ 、 $K \geq 25.1\%$ 等3组(表6)。采用双样本异方差 t -检验方法,对每个相邻的2组数据进行均值检验,显著性水平设定为 $\alpha = 0.05$,计算结果显示:3组数据间,无论是第1组和第2组,还是第2组和第3组,2组数据如果从临界值判断,不管是单尾临界还是双尾临界均显示 $|t| \geq t_{\alpha/2}$;如果从 P 值判断,2组数据的 P 值均小

表 5 冬枣成熟期不同含糖量范围对冬枣裂果造成的影响

阶段名称	含糖量范围	阶段特征
不敏感阶段	$11.9\% < K < 19.1\%$	连阴雨开始造成裂果,裂果程度随着含糖量的增加而缓慢增加
敏感阶段	$19.1\% \leq K < 25.1\%$	对连阴雨反应最为敏感。连阴雨造成的冬枣裂果程度最为严重
敏感度下降阶段	$K \geq 25.1\%$	含糖量逐渐稳定下来,果皮变厚,果肉变软,裂果现象逐渐减少,对连阴雨的不再敏感

表 6 冬枣连阴雨试验不同含糖量分组裂果数量

组别	标准	等级裂果数 (个)
第一组	$11.9\% < K < 19.1\%$	1、1、4、5
第二组	$19.1\% \leq K < 25.1\%$	12、19、14
第三组	$K \geq 25.1\%$	4、4

于 0.05,都说明 3 组数据间存在显著差异,说明本方法得出的 3 个指标具有合理性,具有实际的生产指导意义。

3 结论与讨论

3.1 结论

冬枣在进入成熟期后,各种营养物质加速合成、分解和转化,果实总糖含量的增加与发育时间和阶段呈现稳定的线性相关关系,至完熟末期,基本稳定下来,含糖量达到最高^[9]。但是,在成熟期的 3 个阶段内,随着含糖量的增加,由连阴雨灾害造成的裂果程度发生变化,即对连阴雨灾害的敏感程度发生变化:在白熟阶段,裂果率随含糖量的增加变化不明显,进入脆熟阶段后,裂果率随着含糖量的增加而明显增加,在进入完熟阶段后,含糖量继续增加,由连阴雨造成的裂果率反而有所下降,即对连阴雨灾害的敏感程度有所降低。

通过分析,可以得到反映冬枣成熟期含糖量与裂果关系的 3 个重要指标,即 11.9%、19.1%、25.1%,作为指导实际农业生产的农业气象指标,当冬枣含糖量 $11.9\% < K < 19.1\%$ 时,连阴雨灾害就会造成裂果,就应关注连阴雨天气变化;当 $19.1\% \leq K < 25.1\%$ 时,在连阴雨天气来临之前,就应及时采摘,以免造成较大损失;当 $K \geq 25.1\%$ 时,冬枣果实对连阴雨的反应就不再敏感,但此时,果皮变厚,果肉变软,口感相应变差,就应基本结束冬枣采摘工作。

3.2 研究的改进方向

实际生产中,冬枣成熟期连阴雨灾害造成的裂

果,是一个复杂的生理过程^[9],除了与冬枣含糖量有关外,还与果皮结构、果肉状况、矿质营养状况等内在因素相关^[10-12],同时也与降水日数、降水量、日照时数、降水时的温度条件等外在因素存在一定关系^[13]。本研究旨在分析含糖量的变化特点及其对连阴雨灾害在不同的含糖量阶段对冬枣裂果造成的影响,因此没有充分考虑这些现实的影响因素,需要在今后的研究中做进一步的探索。

参考文献:

[1] 马庆华. 不同产地冬枣遗传品质差异及其栽培技术研究[D]. 北京:北京林业大学,2007.

[2] 郭佳,张宝林,高聚林,等. 气候变化对中国农业气候资源及农业生产影响的研究进展[J]. 北方农业学报,2019,47(1):105-113.

[3] 孙爱良,何璇. 冀东地区降水特征变化对冬枣管理模式的影响[J]. 江苏农业科学,2019,47(17):301-304.

[4] 张凌云. 秋季连阴雨对红枣裂果影响及对策[J]. 陕西气象,2009(2):46-48.

[5] 陈红萍,朱俊峰,李文辉,等. 红枣成熟期裂果与气象条件的关系[J]. 山西农业科学,2007,35(6):71-73.

[6] 郝鑫,刘晨筱,陈虹,等. 不同枣品种糖和可溶性蛋白质含量与裂果相关性分析[J]. 山西林业科技,2016,45(3):1-3,13.

[7] 苍晶,李唯. 植物生理学[M]. 北京:高等教育出版社,2019:339-342.

[8] 阿布都卡迪尔,阿依买木·沙吾提,吾斯曼·马木提. 干旱区骏枣坐果后期含糖量变化及其理论模式研究[J]. 安徽农业科学,2007(8):2276,2303.

[9] 牛晓琳,马文凤,陈桂敏,等. 枣的裂果机制及防治措施[J]. 北方园艺,2018(4):174-179.

[10] 刘世鹏,文欣,刘申. 枣果皮结构与枣裂果性的相关性[J]. 北方园艺,2017(4):20-24.

[11] 刘志国,卢艳清,赵锦,等. 枣果吸水动力学和果皮特征对裂果的影响[J]. 植物遗传资源学报,2015,16(1):192-198.

[12] 贾彦丽,吴硕,吕瑞江,等. 枣树体矿质营养含量对裂果的影响[J]. 塔里木大学学报,2016,28(3):41-45.

[13] 李瑞华,李开森. 气候因子对金丝小枣裂果的影响[J]. 现代农村科技,2015(14):40-41.