

网络出版时间:2018-07-30 17:12

DOI:10.13207/j.cnki.jnwafu.2019.02.015

网络出版地址:http://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20180730.1710.030.html

蛇龙珠葡萄园葡萄果实品质的空间变异分析

宋建强^{1,2,3},程仕伟²,姜文广¹,郑思倾²,赵 虎¹,沈志毅¹,段长青³,李记明¹

(1 烟台张裕集团有限公司 山东省葡萄酒微生物发酵技术重点实验室,山东 烟台 264001;2 鲁东大学 生命科学院,
山东 烟台 264025;3 中国农业大学 食品科学与营养工程学院/葡萄与葡萄酒研究中心,北京 100083)

【摘 要】 【目的】研究酿酒葡萄蛇龙珠果实品质的空间变异性,为其合理采收和管理提供依据。【方法】以烟台蛇龙珠葡萄园为研究对象,采用 GPS 和 GIS 技术对 200 hm² 园区 46 个区域的葡萄果实理化指标(果实产量、果穗质量、百粒质量、总糖、总酸、pH、总酚、单宁、总花色苷、黄酮和黄酮醇)进行地统计学和 Kriging 插值分析。【结果】葡萄果实指标均服从正态分布,其中总糖和 pH 的变异系数小于 10%,具有弱变异性;其他各指标的变异系数为 10.54%~69.77%,具有中等变异性,其中果实产量的变异系数最大(69.77%),不同区域产量差异达 30 倍。葡萄果实指标存在中等或强的空间相关性,且均具有明显的空间分布规律。【结论】可以根据葡萄果实指标的空间分布特征对葡萄园进行合理分区采收,以酿造不同质量和风格的葡萄酒。

【关键词】 蛇龙珠;果实品质;空间变异;精准葡萄栽培

【中图分类号】 S663.1

【文献标志码】 A

【文章编号】 1671-9387(2019)02-0119-07

Spatial variability in grape quality of Cabernet Gernischt within vineyard

SONG Jianqiang^{1,2,3},CHENG Shiwei²,JIANG Wenguang¹,
ZHENG Siqing²,ZHAO Hu¹,SHEN Zhiyi¹,DUAN Changqing³,LI Jiming¹

(1 Yantai Changyu Group Corporation Ltd., Shandong Provincial Key Laboratory of Wine Microbial Fermentation Technology,
Yantai, Shandong 264001, China; 2 School of Life Sciences, Ludong University, Yantai, Shandong 264025, China;
3 College of Food Science and Nutritional Engineering / Center for Viticulture and Enology,
China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract: 【Objective】 This study explored the spatial variability and distribution of wine grape quality to provide basis for selective harvesting. 【Method】 The experiment was carried out in a Cabernet Gernischt vineyard located in Yantai, China. GPS and GIS technology was applied to study the spatial variability and distribution of grape variables, including grape yield, cluster weight, 100-berry weight, total sugar, titratable acidity, pH, total phenols, tannins, anthocyanins, flavonoids and flavanols, based on the data of 46 grape samples picked 1 week before harvest. 【Result】 All grape parameters followed normal distribution, exhibiting moderate spatial variability with coefficient of 10.54%—69.77%, except total sugar and pH had weak variability with coefficient of lower than 10%. The yield had the highest coefficient of variability (69.77%) with up to 30 times differences in the vineyard. The grape attributes exhibited strongly or medium spatial correlation, and there were apparent spatial differences. 【Conclusion】 Harvest of grapes with reasonable

【收稿日期】 2017-11-14

【基金项目】 泰山产业领军人才工程专项;国家高技术研究发展计划项目(2013AA102108);鲁东大学科研基金项目(LY2013019);
2017 年国家级创新训练项目(201710451351)

【作者简介】 宋建强(1982—),男,山西灵石人,讲师,博士,主要从事酿酒葡萄栽培研究。E-mail: songjianqiang0930@163.com

【通信作者】 李记明(1966—),男,陕西丹凤人,研究员,博士,主要从事葡萄与葡萄酒研究。E-mail: zyljm@163.com

differences at specific areas within a vineyard for differential wine styles and qualities according to the spatial distribution patterns of grape parameters is feasible.

Key words: Cabernet Gernischt; berry quality; spatial variation; precision viticulture

葡萄果实成分如总糖、总酸、酚类物质等的含量决定了葡萄酒的整体质量。在一个特定的葡萄园中,尽管葡萄品种、树龄、葡萄栽培管理方式相同,但由于生长地的经纬度、海拔、坡度、土壤条件等的差异^[1],导致葡萄果实品质的空间不均一性^[2-4],进而影响葡萄酒的整体质量^[1,5-6]。分析葡萄果实品质的空间差异特征,对实现葡萄园分区管理、采收,酿造出质量、风格各异的葡萄酒具有重要意义。

精准农业技术采用全球定位系统(GPS)、远程遥感(RS)和地理信息系统(GIS)将传统的田间检测相联系,通过对葡萄园指标空间变异性的分析,指导葡萄园进行分区采收、病害监控、分区水肥管理等^[7-9],有效降低了生产成本,提高了酿酒葡萄果实的品质^[8]。许多研究者基于土壤质地^[10]、土壤水分^[11]、葡萄生长势^[12-14]、果实产量^[15-16]等对同一葡萄园进行分区以获得不同质量的葡萄酒。也有研究者依据成熟前葡萄果实指标的变化对葡萄园进行分区采收^[17]。Baluja 等^[18]和 Tagarakis 等^[19]研究发现,葡萄果实糖酸指标的空间变异不存在年份差异;但 Tisseyre 等^[20]研究发现,葡萄果实可溶性固形物和总酸的空间变异存在明显的年份差异。对同一年份而言,相同葡萄园不同区域、不同采样时间葡萄果实指标的空间变异相对稳定^[17,21]。

烟台是我国非常重要的葡萄酒产区。据统计,2016 年烟台产区葡萄酒生产企业达到 160 多家,葡萄酒产量达到 34 万 t,但由于各个葡萄园土壤特性、果园微气候等的差异,导致葡萄和葡萄酒品质的区域差异^[6],并且我国目前酿酒葡萄主要采用全园统一的采收方式进行,严重影响酿酒葡萄的整体质量。因此,本研究以烟台蛇龙珠为对象,采用 GPS 和 GIS 技术对同一葡萄园葡萄果实指标的空间变异性进行初步探讨,旨在为葡萄园的合理分区采收及葡萄精准栽培管理提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验所用酿酒葡萄品种为蛇龙珠(Cabernet Gernischt)。试验在山东省蓬莱市大柳行镇酿酒葡萄基地进行,园区东西、南北距离分别约 2.4 和 1.7 km,葡萄栽培面积约 200 hm²。园区葡萄于 2007 年

定植,南北行向,株行距为 1.5 m×2.0 m,采用篱架、单干双臂整形修剪方式。葡萄园土壤为壤质沙土,葡萄生长期不进行灌溉,采用一致的管理规范对葡萄园进行管理。

1.2 试剂和仪器

儿茶素,美国 Sigma-Aldrich 公司;醋酸、醋酸钠、氢氧化钠,天津市恒兴化学试剂制造有限公司;甲醇、乙醇、浓盐酸、碳酸钠,烟台三和化学试剂有限公司;亚硝酸钠、氯化铝,天津巴斯夫化工有限公司,均为分析纯。

Elmasonic E60H 超声波清洗器,德国 ELMA 公司;Millipore 纯水仪,美国 Millipore 公司;FA1004 天平,上海恒平科学仪器有限公司;Lambda35 紫外分光光度计,美国 PE 公司;FE20K pH 计,美国梅特勒公司;AL-1 型手持袖珍折射仪,上海鑫际仪器有限公司。

1.3 试验方法

利用 GPS 定位系统(Trimble Recon, USA)在研究区采用网格和随机法确定 46 个监测点,监测点设置避开田坎、沟、路、渠及堆肥点,基本涵盖蛇龙珠葡萄园区。各监测点的位置及其空间地理信息见图 1。2015 年,于果实采收期前 1 周,即在葡萄汁中糖的质量浓度约为 200 g/L 时,分别从不同区域采集葡萄样品。每个区域采收代表性葡萄果穗 20 串,带回实验室进行分析。

1.4 测定指标及方法

1.4.1 葡萄果实基本理化指标 采用电子天平分别测定 20 串果穗的穗质量;随机选取 100 粒果粒,采用电子天平测定百粒质量;果实总糖、总酸质量浓度和 pH 值的测定参考文献[22]的方法,每个葡萄样品重复检测 3 次,结果取平均值。

1.4.2 葡萄果实酚类物质 葡萄果皮中酚类物质的提取参考孟江飞等^[23]的方法进行。总酚含量用 280 nm 波长处的吸光值(A_{280})^[24]表示,用分光光度计检测;单宁含量采用福林-丹尼斯法测定;总花色苷含量采用 pH 示差法进行检测^[25];黄酮含量采用 NaNO₂-AlCl₃ 测定^[26];黄酮醇含量参考 Cliff 等^[27]的方法测定,用 360 nm 波长处的吸光值(A_{360})表示。每个样品重复检测 3 次,结果取平均值。

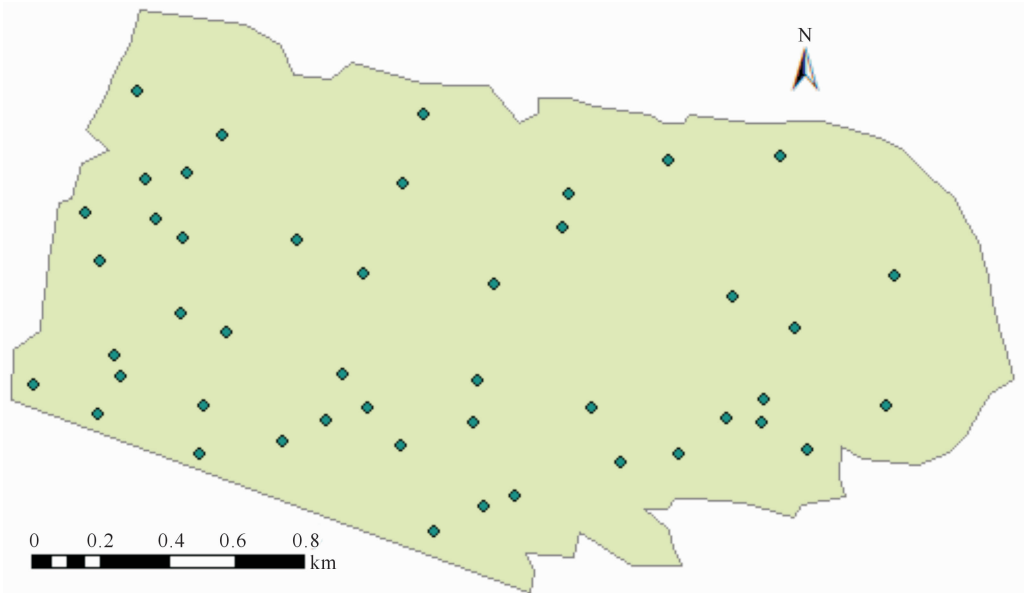


图 1 蛇龙珠葡萄园果实采样点的分布

Fig.1 Distribution of sampling points in Cabernet Gernischt vineyard

1.5 数据处理

利用 SPSS17.0 和 Excel 2010 进行数据处理、葡萄果实指标的描述性统计分析。采用地统计学软件 GS+拟合半变异函数,确定最适模型及相关参数。利用 arcGIS 平台进行 Kriging 插值,编绘空间分布图。

2 结果与分析

2.1 葡萄果实指标的描述性统计

葡萄果实各指标的平均值、标准差、变异系数等可以反映葡萄果实指标的整体分布特征。蛇龙珠葡萄果实指标测定结果和描述性分析结果见表 1 和表 2。

表 1 蛇龙珠葡萄果实基本理化指标和酚类物质含量(n=46)

Table 1 Basic physicochemical indexes and contents of phenolic substances of Cabernet Gernischt grape berries (n=46)			
指标 Index	最大值 Maximum	最小值 Minimum	平均值 Mean
产量/(kg·hm ⁻²) Yield	22 500	750	6 390
果穗质量/g Cluster weight	152.26	32.25	77.70
百粒质量/g 100-berry weight	190.95	82.40	129.20
总糖/(g·L ⁻¹) Total sugar	218.00	160.00	188.00
总酸/(g·L ⁻¹) Titratable acidity	4.60	2.80	3.70
pH	4.02	3.59	3.80

指标 Item	最大值 Maximum	最小值 Minimum	平均值 Mean
总酚(A ₂₈₀) Total phenols	31.30	11.70	20.46
单宁/(mg·g ⁻¹) Total tannins	2.18	0.57	1.32
总花色苷/(mg·g ⁻¹) Total anthocyanins	0.81	0.16	0.47
黄酮/(mg·g ⁻¹) Total flavonoids	23.36	3.22	13.13
黄酮醇(A ₃₆₀) Total flavonols	8.65	3.42	5.87

由表 1 和表 2 可以看出,试验区葡萄果实不同理化指标的变异不同。葡萄果实指标的变异系数在 2.63%~69.77%,其中葡萄果实指标中的总糖和 pH 值的变异系数分别为 9.26%和 2.63%,为弱变异;葡萄果实总酸质量浓度的变异系数为 10.54%,为中等变异;其他指标的变异系数为 19.89%~69.77%,均为中等变异。不同监测点蛇龙珠葡萄果实产量的变异系数最大,为 69.77%,不同区域产量

相差最大达到 30 倍。Bramley 等^[16]研究发现,葡萄园中不同区域的葡萄产量差异高达 10 倍以上。此外,果穗质量和百粒质量分别相差 4.7 和 2.3 倍。葡萄果实总糖、总酸质量浓度分别为 160.0~218.0 和 2.8~4.6 g/L,说明蛇龙珠葡萄果实成熟度区域差异明显,这与 Song 等^[13]在同一黑比诺葡萄园的研究结果一致。葡萄果实酚类物质含量变异系数为 21.47%~33.13%,总酚、单宁、总花色苷、黄酮和黄

酮醇指标数值相差最大分别为 3.2,3.8,5.1,7.3 和 3.1 倍,这可能与不同区域土壤指标、葡萄生长和葡萄成熟度有关^[12-13]。

所有葡萄果实指标数据经 K-S 检验,置信度为 95%。结果显示,相关数据均符合或近似符合正态分布,均能满足地统计分析要求。

表 2 蛇龙珠葡萄果实指标的描述性统计($n=46$)

Table 2 Description statistics parameters of grape berry variables of Cabernet Gernischt ($n=46$)

指标 Index	标准差 Std deviation	方差 Variance	变异系数/% Coefficient of variability	偏度 Skewness	峰度 Kurtosis	K-S 检验 P_{K-S}
产量 Yield	4 460.20	1.99E+7	69.77	1.41	2.41	0.080
果穗质量 Cluster weight	27.30	743.4	35.14	0.84	0.36	0.527
百粒质量 100-berry weight	25.70	659.1	19.89	0.46	−0.42	0.595
总糖 Total sugar	17.40	303.9	9.26	0.09	−1.14	0.848
总酸 Titratable acidity	0.39	0.156	10.54	−0.01	−0.04	0.379
pH	0.10	0.009 3	2.63	0.25	0.11	0.950
总酚 Total phenols	4.82	23.23	23.56	0.33	−0.77	0.811
单宁 Total tannins	0.31	0.098	23.48	0.13	0.44	0.958
总花色苷 Total anthocyanins	0.14	0.018 7	29.79	0.18	−0.16	0.952
黄酮 Total flavonoids	4.35	18.88	33.13	−0.19	−0.16	0.970
黄酮醇 Total flavonols	1.26	1.584	21.47	0.20	−0.54	0.955

2.2 葡萄果实指标的空间变异性

采用传统描述性分析的方法只能在一定程度上反映葡萄果实样本总体,不能反映果实指标的局部变化特征,且不能定量刻画其空间分布结构。地统计学利用原始数据和半变异函数的结构性,对未采样点进行无偏差估计,为葡萄果实指标空间变异结构的分析提供了可能。采用 GS+ 软件对葡萄果实指标相关数据进行半变异函数的拟合计算,得到相关指标的变异统计特征见表 3。由表 3 可知,葡萄果实百粒质量最佳拟合模型为线性(Linear)模型,总酸为指数(Exponential)模型,总糖、pH 值、总酚和黄酮醇为高斯(Gaussian)模型,其余指标均为球状(Spherical)模型。

根据块金值和基台值之比分级评价葡萄果实指标的空间相关性。该比值越小,表示系统具有强烈的空间相关性,说明由结构性因素引起的空间变异性程度较大;比值越大,表示系统具有弱空间相关

性,说明随机部分引起的空间变异程度较大。变程值反映了葡萄果实指标空间变异特性,在变程值内,果实指标具有联系性,是空间非独立的。从表 3 可知,葡萄果实指标中果穗质量、百粒质量、单宁、总花色苷和黄酮具有中等空间相关性(块金值和基台值之比为 0.25~0.75),表明其空间变异性受微气候、地形、土壤类型等非人为区域因素和整形修剪、水肥管理等随机因素共同决定^[28]。葡萄果实指标中产量、总糖、总酸、pH 值、总酚和黄酮醇的块金值和基台值之比小于 0.25,表现出强空间自相关性,说明葡萄果实成熟度主要受非人为区域因素影响。

决定系数(R^2)可以作为半变异函数拟合程度的度量,其值越接近 1,说明确定的理论模型越能较好地拟合相关指标的空间变异特性。由表 3 可知,葡萄果实指标中百粒质量和总酸拟合效果较差($R^2=0.260$ 和 0.387),其他指标模型的拟合效果较好。

表 3 蛇龙珠葡萄果实指标的半变异函数理论模型及相关参数

Table 3 Models and parameters of semivariograms for grape berry variables of Cabernet Gernischt

指标 Index	模型 Model	块金值 Nugget Co	基台值 Still	块金值/基台值 Nugget Co/Still	变程 Range	决定系数 Coefficient	残差 Residual
产量 Yield	球状 Spherical	2.24E+6	2.41E+7	0.092 0	449.00	0.683	4.45E+09
果穗质量 Cluster weight	球状 Spherical	202	788.8	0.256 0	402.00	0.597	200 046
百粒质量 100-berry weight	线性 Linear	447.7	796.2	0.562 0	992.80	0.260	279 194
总糖 Total sugar	高斯 Gaussian	0.1	305.1	0.000 3	168.00	0.549	55 531
总酸 Titratable acidity	指数 Exponential	0.074 2	0.356 4	0.208 0	5 289.00	0.387	0.030 6
pH	高斯 Gaussian	0.000 01	0.009 42	0.001 0	148.96	0.475	5.392E−05
总酚 Total phenols	高斯 Gaussian	0.01	23.69	0.000 3	178.40	0.582	306
单宁 Total tannins	球状 Spherical	0.034 3	0.118 6	0.289 0	565.00	0.648	4.46E−03
总花色苷 Total anthocyanins	球状 Spherical	0.006 7	0.021 4	0.313 0	535.00	0.682	1.122E−04
黄酮 Total flavonoids	球状 Spherical	6.47	20.39	0.317 0	517.00	0.589	146
黄酮醇 Total flavonols	高斯 Gaussian	0.001	1.609	0.001 0	180.13	0.517	1.87

2.3 葡萄园葡萄果实指标的空间分布

采用 Kriging 最优内插法绘制葡萄果实不同指

标的空间插值图见图 2。

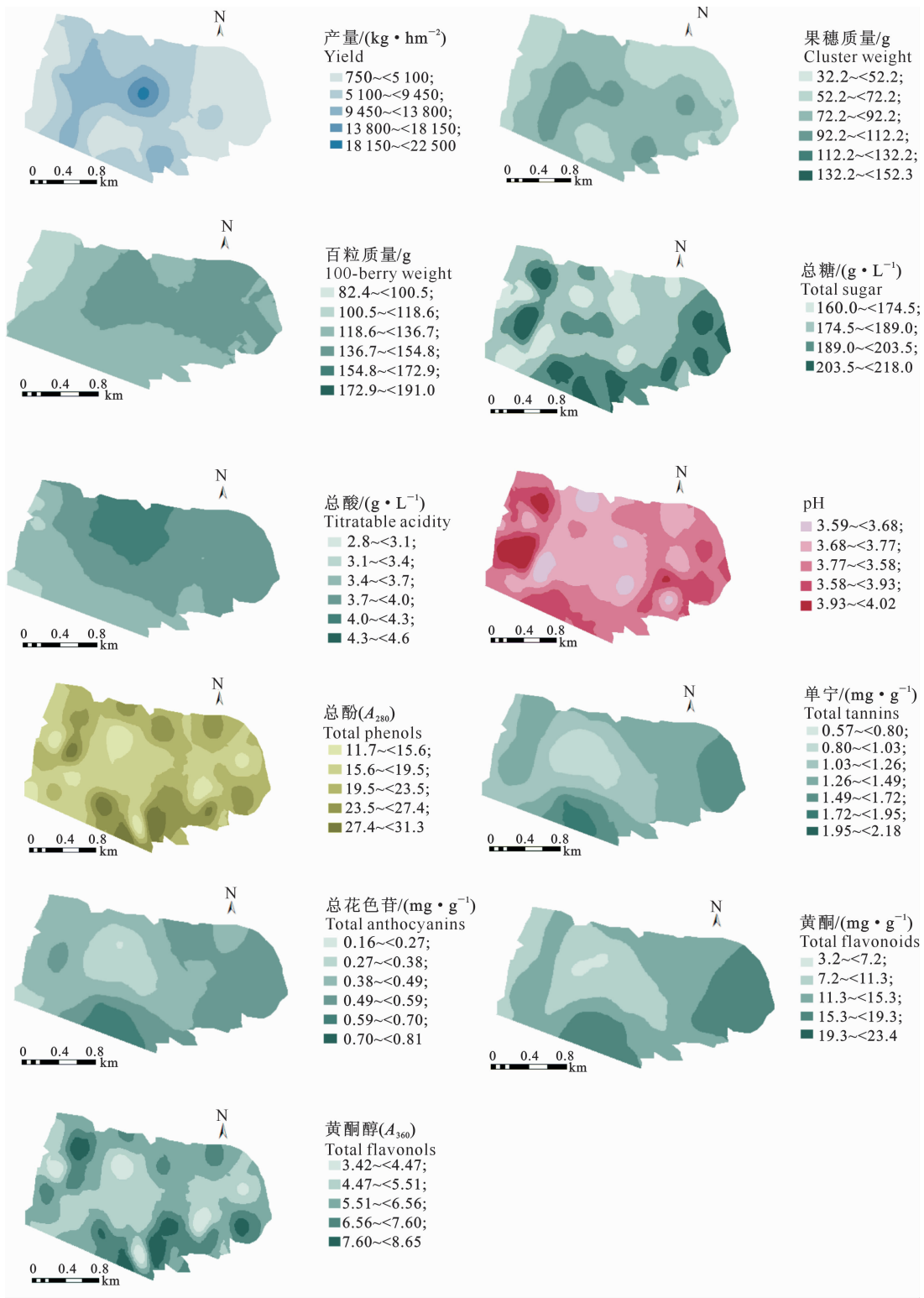


图 2 蛇龙珠葡萄园葡萄果实指标的空间分布图

Fig. 2 Spatial variation in common indices of fruit in Cabernet Gernischt vineyard

由图 2 可以看出,园区东部葡萄果实产量较低,而中部部分区域产量最高,园区中部的葡萄果穗质

量较高,而东北部百粒质量较高。相关性分析结果表明,葡萄果穗质量与产量呈极显著正相关($r =$

0.583, $P<0.01$),说明葡萄果穗质量较高是不同区域葡萄产量高的主要原因。

葡萄果实总糖质量浓度较高的地块位于园区东南部和西北部分地块。园区北部区域总酸质量浓度较高,越靠近园区西南部,总酸质量浓度越低,而园区中部的葡萄果汁 pH 值较低。葡萄果实酚类物质含量存在一定的空间分布规律。园区南北部区分域的葡萄果实中总酚含量较高,园区中部总酚含量最低。园区中部葡萄果实中单宁、总花色苷、黄酮和黄酮醇等的含量最低,东部和南部则含量较高。

3 结 论

采用地统计学方法、GIS 技术对蛇龙珠葡萄园葡萄果实指标的空间变异进行分析,可以直观地了解园区葡萄果实指标的空间分布,为葡萄果实的合理分区采收提供参考。本研究对山东省蓬莱市大柳行镇酿酒葡萄基地蛇龙珠葡萄果实指标空间变异的分析表明,受非人为区域因素和整形修剪、水肥管理等随机因素的影响,该基地葡萄果实产量区域差异达到 30 倍,且果实成熟度和果实中酚类物质的含量也存在明显的空间相关性。蛇龙珠葡萄园葡萄果实指标还具有明显的区域差异分布特征。

在以上研究的基础上,可以对葡萄园实施分区采收和管理模式,以酿造不同质量和风格的葡萄酒。同时需要进一步研究葡萄果实指标与土壤、葡萄生长指标的关系,为葡萄果实品质的精准调控提供依据。

[参考文献]

[1] van Leeuwen C, Friant P, Choné X, et al. Influence of climate, soil, and cultivar on terroir [J]. American Journal of Enology and Viticulture, 2004, 55(3): 207-217.

[2] Cortell J M, Sivertsen H K, Kennedy J A, et al. Influence of vine vigor on Pinot Noir fruit composition, wine chemical analysis, and wine sensory attributes [J]. American Journal of Enology and Viticulture, 2008, 59(1): 1-10.

[3] Tardaguila J, Baluja J, Arpon L, et al. Variations of soil properties affect the vegetative growth and yield components of ‘Tempranillo’ grapevines [J]. Precision Agriculture, 2011, 12(5): 762-773.

[4] Martinezcasasnovas J A, Ageletfernandez J, Arno J, et al. Analysis of vineyard differential management zones and relation to vine development, grape maturity and quality [J]. Spanish Journal of Agricultural Research, 2012, 10(2): 326-337.

[5] van Leeuwen C. Terroir: the effect of the physical environment on vine growth, grape ripening and wine sensory attributes [M]//Reynolds A G. Managing wine quality, Vol 1: viticulture

and wine quality. Oxford, UK: Woodhead Publishing, 2010: 273-315.

[6] 李记明, 姜文广, 于英, 等. 土壤质地对酿酒葡萄和葡萄酒品质的影响 [J]. 酿酒科技, 2013(7): 37-40, 45.

Li J M, Jiang W G, Yu Y, et al. Effects of different soil textures on fruit and wine quality of Cabernet Gernischt [J]. Sino-Overseas Grapevine & Wine, 2013(7): 37-40, 45.

[7] Bramley R G V, Hamilton R P. Terroir and precision viticulture: are they compatible [J]. Journal International Des Sciences De La Vigne Et Du Vin, 2007, 41(1): 1-8.

[8] Bramley R G V, Le Moigne M, Evain S, et al. On-the-go sensing of grape berry anthocyanins during commercial harvest: development and prospects [J]. Australian Journal of Grape & Wine Research, 2011, 17(3): 316-326.

[9] Reynolds A, Rezaei J H. Spatial variability in Cabernet Franc vineyards in the Niagara Peninsula of Ontario: I. soil composition, soil texture, and soil and vine water status [J]. Journal of Applied Horticulture, 2014, 16(1): 3-23.

[10] Marciniak M, Reynolds A G, Brown R, et al. Applications of geospatial technologies to understand terroir effects in an Ontario Riesling vineyard [J]. American Journal of Enology & Viticulture, 2017, 68(2): 169-187.

[11] Smart D R, Cosby Hess S, Plant R, et al. Geospatial variation of grapevine water status, soil water availability, grape composition and sensory characteristics in a spatially heterogeneous premium wine grape vineyard [J]. Soil Discussions, 2014, 1(1): 1013-1072.

[12] Cortell J M, Halbleib M, Gallagher A V, et al. Influence of vine vigor on grape (*Vitis vinifera* L. cv. Pinot Noir) and wine proanthocyanidins [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2005, 53(14): 5798-5808.

[13] Song J, Smart R E, Dambergers R G, et al. Pinot Noir wine composition from different vine vigour zones classified by remote imaging technology [J]. Food Chemistry, 2014, 153(12): 52-59.

[14] Romboli Y, Gennaro S F D, Mangani S, et al. Vine vigour modulates bunch microclimate and affects the composition of grape and wine flavonoids: an unmanned aerial vehicle approach in a Sangiovese vineyard in Tuscany: vine vigour affects grape and wine flavonoids [J]. Australian Journal of Grape & Wine Research, 2017, 23(3): 368-377.

[15] Arno J, Martinezcasasnovas J A, Ribesdasi M, et al. Clustering of grape yield maps to delineate site-specific management zones [J]. Spanish Journal of Agricultural Research, 2011, 9(3): 721-729.

[16] Bramley R G V, Hamilton R P. Understanding variability in winegrape production systems: I. within vineyard variation in yield over several vintages [J]. Australian Journal of Grape & Wine Research, 2004, 10(1): 32-45.

[17] Urretavizcaya I, Santesteban L G, Tisseyre B, et al. Oenological significance of vineyard management zones delineated using early grape sampling [J]. Precision Agriculture, 2014, 15

(1);111-129.

[18] Baluja J,Tardaguila J,Ayestaran B,et al. Spatial variability of grape composition in a Tempranillo (*Vitis vinifera* L.) vineyard over a 3-year survey [J]. Precision Agriculture,2013,14(1):40-58.

[19] Tagarakis A,Liakos V,Fountas S,et al. Management zones delineation using fuzzy clustering techniques in grapevines [J]. Precision Agriculture,2013,14(1):18-39.

[20] Tisseyre B,Mazzoni C,Fonta H. Whithin-field temporal stability of some parameters in Viticulture: potential toward a site specific management [J]. International Journal of Vine and Wine Sciences,2008,42(1):27-39.

[21] Baluja J,Diago M P,Goovaerts P,et al. Assessment of the spatial variability of anthocyanins in grapes using a fluorescence sensor: relationships with vine vigour and yield [J]. Precision Agriculture,2012,13(4):457-472.

[22] 王 华. 葡萄酒分析检验 [M]. 北京:中国农业出版社,2011. Wang H. Wine analysis and determination [M]. Beijing:China Agriculture Press,2011.

[23] 孟江飞,杨学威,房玉林,等. 不同采收期对梅尔诺葡萄和葡萄酒酚类物质及抗氧化活性的影响 [J]. 中国食品学报,2012,12(10):155-162.

Meng J F,Yang X W,Fang Y L,et al. Effect of harvest time on phenolic composition and antioxidant activity of Merlot grape and wine [J]. Journal of Chinese Institute of Food Science & Technology,2012,12(10):155-162.

[24] Ribereaugayon P,Glories Y,Maujean A,et al. Handbook of enology: Volume 2. the chemistry of wine stabilization and treatments [M]. West Sussex,England:John Wiley & Sons Ltd,2000.

[25] Lee J,Durst R W,Wrolstad R E. Determination of total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices,beverages, natural colorants, and wines by the pH differential method: collaborative study [J]. Journal of AOAC International,2005,88(5):1269-1278.

[26] Kim D O,Chun O K,Kim Y J,et al. Quantification of polyphenolics and their antioxidant capacity in fresh plums [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry,2003,51(22):6509-6515.

[27] Cliff M A,King M C,Schlosser J. Anthocyanin,phenolic composition,colour measurement and sensory analysis of BC commercial red wines [J]. Food Research International,2007,40(1):92-100.

[28] 兰富军. 基于 GIS 的冀北葡萄种植区土壤养分空间变异研究 [J]. 安徽农业科学,2012,40(2):1211-1212.

Lan F J. Study on spatial variability of soil nutrients in grape planting regions of North Hebei based on GIS [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences,2012,40(2):1211-1212.

(上接第 118 页)

[24] 俞信光,刘双双,冯亚斌,等. 有机基质栽培对巨峰葡萄花色苷合成基因表达的影响 [J]. 核农学报,2016,30(11):2133-2143.

Yu X G,Liu S S,Feng Y B,et al. Effects of organic substrate cultivation on anthocyanins biosynthetic genes expression in Kyoho grape berries [J]. Journal of Nuclear Agricultural Sciences,2016,30(11):2133-2143.

[25] 牛生洋. 中国野生刺葡萄(*Vitis davidii*)果皮颜色变异机理研究 [D]. 陕西杨凌:西北农林科技大学,2016.

Niu S Y. Studies on the mechanism of color variation in grape berry skin of Chinese Wild Grape(*Vitis davidii*) [D]. Yangling,Shaanxi:Northwest A&F University,2016.

[26] Peppi M C,Walker M A,Fidelibus M W. Application of abscisic acid rapidly upregulated *UFGT* gene expression and improved color of grape berries [J]. Vitis,2008,47(1):11-14.

[27] 孟祥春,彭建宗,王小菁. 光和糖对非洲菊花色苷积累及 *CHS*、*DFR* 基因表达的影响 [J]. 园艺学报,2007,34(1):227-230.

Meng X C,Peng J Z,Wang X J. Anthocyanin accumulation and *CHS*、*DFR* gene expression regulated by light and sugar in *Gerbera jamesonii* Bolus ray floret [J]. Acta Horticulturae Sinica,2007,34(1):227-230.

[28] Deluc L,Barrieu F,Marchive C,et al. Characterization of a grapevine R2R3-MYB transcription factor that regulates the phenylpropanoid pathway [J]. Plant Physiology,2006,140(2):499-511.

[29] Dixon R A,Xie D,Sharma S B. Proanthocyanidins: a final frontier in flavonoid research? [J]. New Phytologist,2005,165(1):9-28.

[30] Kobayashi S,Ishimaru M,Ding C K,et al. Comparison of UDP-glucose:flavonoid-3-O-glucosyltransferase (*UFGT*) gene sequences between white grapes (*Vitis vinifera*) and their sports with red skin [J]. Plant Science (Amsterdam, Netherlands),2001,160(3):543-550.

[31] Walker A R,Lee E,Bogs J,et al. White grapes arose through the mutation of two similar and adjacent regulatory genes [J]. Plant Journal,2007,49(5):772-785.