中国农业大学学报　2024,29(7):58-67
Journal of China Agricultural University　http://zgnydxxb.ijournals.cn

孙洪仁,朱凯迪,王彦,张吉萍,王尚波,王志栋.我国葡萄土壤氮素丰缺指标和适宜施氮量初步研究[J].中国农业大学学报,2024,29(07):58-67.
SUN Hongren, ZHU Kaidi, WANG Yan, ZHANG Jiping, WANG Shangbo, WANG Zhidong. Preliminary study on abundance-deficiency index of soil nitrogen and appropriate N application rates for grapes in China[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2024, 29(07): 58-67.
DOI: 10.11841/j.issn.1007-4333.2024.07.06

我国葡萄土壤氮素丰缺指标和适宜施氮量初步研究

孙洪仁[1]　朱凯迪[1]　王　彦[1]　张吉萍[2]　王尚波[2]　王志栋[2]
(1.中国农业大学 草业科学与技术学院,北京 100193;
2.山东良土生物科技有限公司,山东 齐河 251100)

摘　要　为建立我国葡萄测土推荐施肥系统,本研究检索了我国葡萄施氮的相关文献,提取土壤有机质、全氮和碱解氮含量,缺氮处理和施氮处理的产量数据,采用作物土壤养分丰缺指标推荐施肥系统研究新方法,研究了我国葡萄土壤氮素丰缺指标与适宜施氮量。结果表明:我国葡萄土壤有机质第1～8级丰缺指标依次为≥75、36～75、17～36、8～17、4～8、2～4、1～2和<1 g/kg,土壤碱解氮第1～8级丰缺指标依次为≥288、158～288、87～158、48～87、26～48、15～26、8～15和<8 mg/kg。当氮肥利用率为30%～50%、葡萄目标产量15.0～60.0 t/hm²时,氮素丰缺级别第1～8级土壤适宜施氮量分别为0、14～90、27～180、41～270、54～360、68～450、81～540和95～630 kg/hm²。本研究初步建立了我国葡萄土壤氮素丰缺指标推荐施肥系统,可为我国葡萄测土施氮提供依据。

关键词　中国;葡萄;测土施肥;碱解氮;全氮;有机质;丰缺指标;施肥量
中图分类号　S153.6;S519　　**文章编号**　1007-4333(2024)07-0058-10　　**文献标志码**　A

Preliminary study on abundance-deficiency index of soil nitrogen and appropriate N application rates for grapes in China

SUN Hongren[1], ZHU Kaidi[1], WANG Yan[1], ZHANG Jiping[2], WANG Shangbo[2], WANG Zhidong[2]
(1. College of Grassland Science and Technology, China Agricultural University, Beijing 100193, China;
2. Shandong Liangtu Biological Technology Company, Qihe 251100, China)

Abstract　To lay a theoretical basis for grapes soil testing and fertilizer recommendation in China, this study retrieved literature on grapes N fertilization in China, extracted the data of soil organic matter (SOM), total nitrogen, alkaline hydrolysis nitrogen (SAHN), as well as the yield for N deficiency and N application treatments. A new study method for recommended fertilization system of crop based on soil nutrient abundance and deficiency index (ADI) were employed to investigate the ADI of soil nitrogen and the appropriate N application rates (ANAR) for grapes in China. The results showed that: The ADI of SOM for the 1st to 8th level were ≥75, 36-75, 17-36, 8-17, 4-8, 2-4, 1-2 and <1 g/kg, respectively; The ADI of SAHN for grapes in China for the 1st to 8th level were ≥288, 158-288, 87-158, 48-87, 26-48, 15-26, 8-15 and <8 mg/kg, respectively; When the N fertilizer utilization efficiency was 30%-50%, and the yield target of grapes was 15.0-60.0 t/hm², the ANAR for the soil N abundance and deficiency levels of from 1st to 8th were 0, 14-90, 27-180, 41-270, 54-360, 68-450, 81-540 and 95-630 kg/hm², respectively. This study

收稿日期: 2023-12-06
基金项目: 国家现代农业产业技术体系建设项目(CARS-34)
第一作者: 孙洪仁(ORCID:0009-0006-0077-3275),副教授,主要从事牧草栽培和作物测土施肥研究,E-mail: sunhongren@cau.edu.cn

established the system of recommended N application rates for grapes in China based on ADI of soil nitrogen and provided scientific basis for soil testing and N fertilizer recommendation of grapes in China.

Keywords　China; grapes; soil testing and fertilizer recommendation; alkaline hydrolysis nitrogen; total nitrogen; organic matter; abundance-deficiency index; fertilizer application rate

葡萄(*Vitis vinifera* L.)是全球四大果树之一，我国四大园林水果之一。我国葡萄种植面积约80万 hm^2，位列世界前三；产量约1 500万t，稳居全球第一[1]。科学施肥是作物优质高产的前提基础。20世纪40年代，美国著名植物营养学家Bray先生[2-3]创建了测土推荐施肥的土壤养分丰缺指标法，广泛应用于世界各国。我国作物土壤养分丰缺指标推荐施肥系统研究起步较晚[4-5]，始于20世纪80年代。截至目前，玉米、小麦、水稻和马铃薯等一些重要作物的若干区域土壤养分丰缺指标推荐施肥系统已经建立起来[6-9]。然而，关于葡萄土壤养分丰缺指标推荐施肥系统的研究至今未见报道。之所以包括葡萄在内的诸多小作物土壤养分丰缺指标推荐施肥系统研究颇为薄弱，是因为这些小作物的科研投入强度偏低，难以支撑需要大量资金支持和专家投入的土壤养分丰缺指标推荐施肥系统研究。本研究团队于2013年创建了作物土壤养分丰缺指标推荐施肥系统研究新方法[10-12]。以"零散实验数据整合法"和"养分平衡-地力差减法新应用公式"为核心的新方法，可以有效克服科研投入强度偏低问题。采用新方法，我国诸多小作物的土壤养分丰缺指标推荐施肥系统得以成功建立，如燕麦[13]、甜菜[14]、甘蔗[15]、苹果[16]、苜蓿[17]、谷子[18]、桃[19]和大麦[20]等。本研究拟采用该新方法开展我国葡萄土壤氮素丰缺指标和适宜施氮量研究，旨在建立我国葡萄土壤氮素丰缺指标推荐施肥系统，以期为我国葡萄测土施氮奠定科学基础。

1　材料与方法

利用中国知网等数据库资源，搜集于我国境内开展的葡萄施氮研究的文献。选择含有缺氮处理产量、施氮处理产量、土壤有机质、全氮和碱解氮含量的文献，提取数据，计算葡萄缺氮处理相对产量。计算公式如下：

$$R_{-N}=Y_{-N}\div Y_N\times 100\% \quad (1)$$

式中：R_{-N}为缺氮处理相对产量，无量纲；Y_{-N}为缺氮处理产量，t/hm^2；Y_N为施氮处理产量，t/hm^2。

利用Excel软件，建立土壤有机质、全氮和碱解氮含量与葡萄缺氮处理相对产量的回归方程。采用土壤养分丰缺分级改良方案[18]，利用葡萄缺氮处理相对产量与土壤有机质、全氮和碱解氮含量回归方程，计算葡萄土壤有机质、全氮和碱解氮丰缺指标。

采用确定作物适宜施肥量的"养分平衡-地力差减法新应用公式"[11-12]，计算不同目标产量和不同肥料利用率情形下不同丰缺级别土壤的适宜施氮量。

$$F_N=Y_t\times N_u\times(1-R_{-N})\div E_N \quad (2)$$

式中：F_N为适宜施氮量，kg/hm^2；Y_t为目标产量，t/hm^2；N_u为单位经济产量氮素吸收量，kg/t；R_{-N}为缺氮处理相对产量，无量纲；E_N为氮素利用率，无量纲。

将葡萄目标产量确定为如下7个：15.0、22.5、30.0、37.5、45.0、52.5和60.0 t/hm^2。依据文献[21-30]确定葡萄单位经济产量氮素吸收量(N)为4.5 kg/t。目标产量和单位经济产量氮素吸收量之积为目标产量氮素吸收量，7个葡萄目标产量氮素吸收量依次为67.50、101.25、135.00、168.75、202.50、236.25和270.00 kg/hm^2。

选取缺氮处理相对产量下限作为该丰缺级别的缺氮处理相对产量。

将氮素利用率设定为：30%、35%、40%、45%和50%。

2　结果与分析

2.1　我国葡萄施氮研究及与土壤氮素丰缺指标研究相关的信息

搜集到我国开展的含有缺氮处理产量、施氮处理产量、土壤有机质、全氮和碱解氮含量的葡萄施氮试验可用文献总计60篇[23,31-89]。其中1980—1989年1篇[31]、1990—1999年1篇[32]、2000—2009年10篇[23,33-41]、2010—2019年35篇[42-76]、2020—2023年13篇[77-89]；盆栽试验2篇[32,63]，设施栽培试验13篇[32,50,59,63-64,70,73,78-79,85,87-89]，余者均为田间试验。上述研究涉及品种近30个、土壤类型20余个、旗县市区30余个。从上述文献中提取出土壤有机质含量、缺氮处理和施氮处理产量数据61组，土壤全氮

含量、缺氮处理和施氮处理产量数据31组，土壤碱解氮含量、缺氮处理和施氮处理产量数据58组，进而分别得到缺氮处理相对产量与有机质、全氮和土壤碱解氮含量配套数据61、58和31对。我国葡萄施氮试验文献中，土壤碱解氮、全氮和有机质质量分数范围依次为 9.81～196 mg/kg、0.23～2.20 g/kg 和 2.36～42.3 g/kg，缺氮处理相对产量范围为 24.31%～116.79%，施氮处理施氮量范围为 37～1 533 kg/hm^2，集中于 60～600 kg/hm^2。

2.2　我国葡萄缺氮处理相对产量与土壤氮素含量回归方程

剔除部分明显偏离群体和不合理数据后，建立我国土壤有机质、全氮和碱解氮含量与葡萄缺氮处理相对产量回归方程，见式(3)～(5)和图1。土壤有机质和碱解氮含量与缺氮处理相对产量回归方程皆达到了极显著水平，且均为自然对数相关。缺氮处理相对产量与土壤全氮含量回归方程未达到显著水平，但呈现自然对数相关趋势。

$$y=13.482\ln(x)+41.953(r=0.546\,7, n=55, P<0.01) \quad (3)$$

$$y=7.684\ln(x)+76.660(r=0.369\,1, n=25, P>0.05) \quad (4)$$

$$y=16.641\ln(x)+5.801(r=0.685\,1, n=51, P<0.01) \quad (5)$$

式中：y 为缺氮处理相对产量，无量纲；x 为土壤氮素质量分数，g/kg。式(3)中，y 数据范围为 24.31%～116.79%，x 范围为 2.36～40.60 g/kg。式(4)中，y 数据范围为 54.62%～92.85%，x 范围为 0.29～2.20 g/kg。式(5)中，y 数据范围为 24.31%～116.79%，x 范围为 9.81～196 mg/kg。

2.3　我国葡萄土壤氮素丰缺指标

借助式(3)和式(5)计算出缺氮处理相对产量 100%、95%、90%、80%、70%、60%、50%、40%、30%、20%和10%对应的土壤碱解氮质量分数依次为 287.3、212.8、157.6、86.4、47.4、26.0、14.2、7.8、4.3、2.4和1.3 mg/kg，土壤有机质质量分数依次为 74.1、51.1、35.3、16.8、8.0、3.8、1.8、0.9、0.4、0.2和0.1 g/kg。舍弃部分外推数据，得到我国葡萄土壤碱解氮和有机质丰缺指标(表1)。其中，第1和第8级丰缺指标皆为外推数据，目前生产实践中极少出现。

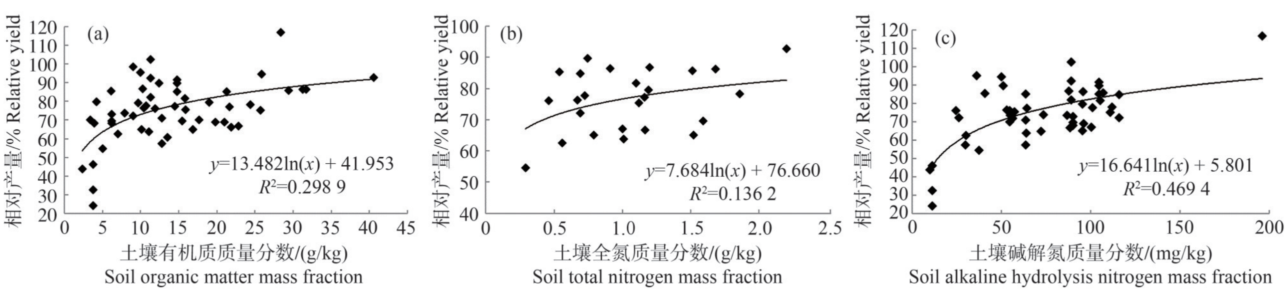

图1　我国葡萄缺氮处理相对产量与土壤氮素含量相关性

Fig. 1　Regression relation between the relative yield without N fertilizer treatment and soil nitrogen for grapes in China

表1　我国葡萄土壤氮素丰缺指标

Table 1　The abundance-deficiency index of soil nitrogen for grapes in China

指标 Index	级别 Level							
	8(<40)	7(40～50)	6(50～60)	5(60～70)	4(70～80)	3(80～90)	2(90～100)	1(≥100)
碱解氮质量分数/(mg/kg) Alkaline hydrolysis nitrogen mass fraction	<8	8～15	15～26	26～48	48～87	87～158	158～288	≥288
有机质质量分数/(g/kg) Organic matter mass fraction	<1	1～2	2～4	4～8	8～17	17～36	36～75	≥75

注：带下划线者为外推数据。括号内数据为相对产量，%。

Note: Underlined data is extrapolated data. Data in parentheses are relative yields, %.

2.4　我国葡萄适宜施氮量

我国葡萄适宜施氮量见表 2。当氮素利用率为 30%～50%、目标产量 15.0～60.0 t/hm^{2}时葡萄第 1～8 级土壤适宜施氮量分别为 0、14～90、27～180、41～270、54～360、68～450、81～540 和 95～630 kg/hm^2。当目标产量和氮素利用率一定时，葡萄适宜施氮量与土壤氮素丰缺级别呈线性负相关。丰缺级别越高，推荐施氮量越低，直至为零。当氮素利用率和土壤氮素丰缺级别一定时，葡萄适宜施氮量与目标产量呈线性正相关，目标产量越高，推荐施氮量越高。当土壤氮素丰缺级别和目标产量一定时，葡萄适宜施氮量与氮素利用率呈线性负相关，氮素利用率越低，推荐施氮量越高。

表 2　我国葡萄不同目标产量和不同肥料利用率情形下不同丰缺级别土壤的适宜施氮量

Table 2　Appropriate N application rate of different abundance-deficiency level soils under different target yields and different fertilizer use efficiency for grapes in China

目标产量/(t/hm^2) Target yield	氮肥利用率/% N fertilizer use efficiency	施氮量/(kg/hm^2) N application rates							
		≥8	7	6	5	4	3	2	1
15.0	50	≥95	81	67.5	54	41	27	14	0
	45	≥105	90	75	60	45	30	15	0
	40	≥118	101	84	68	51	34	17	0
	35	≥135	116	96	77	58	39	19	0
	30	≥158	135	113	90	68	45	23	0
22.5	50	≥142	122	101	81	61	41	20	0
	45	≥158	135	113	90	68	45	23	0
	40	≥177	152	127	101	76	51	25	0
	35	≥203	174	145	116	87	58	29	0
	30	≥236	203	169	135	101	68	34	0
30.0	50	≥189	162	135	108	81	54	27	0
	45	≥210	180	150	120	90	60	30	0
	40	≥236	203	169	135	101	68	34	0
	35	≥270	231	193	154	116	77	39	0
	30	≥315	270	225	180	135	90	45	0
37.5	50	≥236	203	169	135	101	68	34	0
	45	≥263	225	188	150	113	75	38	0
	40	≥295	253	211	169	127	84	42	0
	35	≥338	289	241	193	145	96	48	0
	30	≥394	338	281	225	169	113	56	0
45.0	50	≥284	243	203	162	122	81	41	0
	45	≥315	270	225	180	135	90	45	0
	40	≥354	304	253	203	152	101	51	0
	35	≥405	347	289	232	174	116	58	0

表2（续）

目标产量/(t/hm²) Target yield	氮肥利用率/% N fertilizer use efficiency	施氮量/(kg/hm²) N application rates							
		≥8	7	6	5	4	3	2	1
	30	≥473	405	338	270	203	135	68	0
52.5	50	≥331	284	236	189	142	95	47	0
	45	≥368	315	263	210	158	105	53	0
	40	≥413	354	295	236	177	118	59	0
	35	≥473	405	338	270	203	135	68	0
	30	≥551	473	394	315	236	158	79	0
60.0	50	≥378	324	270	216	162	108	54	0
	45	≥420	360	300	240	180	120	60	0
	40	≥473	405	338	270	203	135	68	0
	35	≥540	463	386	309	231	154	77	0
	30	≥630	540	450	360	270	180	90	0

注：项目栏8～1表示土壤氮素丰缺级别。

Note: Column 8-1 represent the abundance-deficiency level of soil nitrogen.

3 讨论

3.1 我国葡萄缺氮处理相对产量与土壤氮素含量回归关系

关于作物缺素处理相对产量与土壤养分含量回归方程的样本数量，学者们普遍认为至少应为20～30个[2-5,90]，澳大利亚的规定为不少于9个[91]。本研究样本数量为25～55个，满足了基本要求。但鉴于我国幅员辽阔，气候、土壤类型多样，加之“零散实验数据整合法”所整合的诸多施肥试验皆为独立开展，无总体规划，具体的试验设计和操作方法亦无统一规范，样本数量还是偏少。依据经验推测，样本数量100个以上较为理想。因此，建议业界人士努力开展葡萄施肥试验研究。

关于数据质量，澳大利亚联邦政府[91-93]的规定颇为详尽，比如对试验研究进行质量分级，质量低者较大概率予以弃用。本研究未对文献进行分级，只是在利用Excel表制作回归关系图的过程中，弃用少量存在明显问题的文献，剔除少量严重偏离群体的数据。这样做有利于保证样本数量最大化。

澳大利亚联邦政府[91]规定，回归方程的相关系数应大于或等于0.20，实践上大多为0.25～0.70。本研究所得葡萄缺氮处理相对产量与土壤氮素含量回归方程的相关系数为0.37～0.69，碱解氮高于全氮和有机质。

3.2 我国葡萄土壤碱解氮丰缺指标

我国玉米[6]、小麦[7]、水稻[8]、马铃薯[9]、燕麦[10]、甜菜[11]、苜蓿[14]、谷子[15]、桃[16]和大麦[17]缺氮处理相对产量90%对应的土壤碱解氮指标范围为80～250 mg/kg，本研究在葡萄上的结果为158 mg/kg，处于范围中间，可靠性较高。

3.3 我国葡萄土壤有机质丰缺指标

我国玉米[6]、小麦[7]、水稻[8]、苜蓿[14]、谷子[15]、桃[16]和大麦[17]缺氮处理相对产量90%对应的土壤有机质指标范围为20～50 g/kg，本研究在葡萄上的结果为36 g/kg，介于范围内，较为可信。

3.4 我国葡萄适宜施氮量

本研究引用的葡萄施氮试验[23,31-89]的施氮量为37～1 533 kg/hm²，集中于60～600 kg/hm²。本研究结果为：当氮素利用率为30%、35%、40%、45%和50%时，适宜施氮量范围依次为0～630、0～540、0～473、0～420和0～378 kg/hm²；若剔除目前生产实践中极少出现的第1和8级，则氮素利用率为30%、35%、40%、45%和50%时对应的适宜施氮量范围分别为23～540、19～463、17～405、15～360和14～324 kg/hm²。本研究适宜施氮量研究结果与众位专

家学者在葡萄施氮试验中采用的施氮量颇为接近，可以认为本研究结果较为可靠。

4 结　论

本研究初步建立了我国葡萄缺氮处理相对产量与土壤氮素含量回归方程，初步确定我国葡萄土壤有机质第1～8级丰缺指标依次为≥75、36～75、17～36、8～17、4～8、2～4、1～2和＜1 g/kg，土壤碱解氮第1～8级丰缺指标依次为≥288、158～288、87～158、48～87、26～48、15～26、8～15和＜8 mg/kg。当氮肥利用率为30%～50%、葡萄目标产量15.0～60.0 t/hm^2 时，氮素丰缺级别第1～8级土壤适宜施氮量分别为0、14～90、27～180、41～270、54～360、68～450、81～540和95～630 kg/hm^2。

参考文献　References

[1] 李孟哲，程少丽，孟照刚．我国主要果树发展现状与对策建议[J]．农业科技通讯，2023(9)：11-16
Li M Z, Cheng S L, Meng Z G. Development status and countermeasures of main fruit trees in China [J]. *Bulletin of Agricultural Science and Technology*, 2023(9): 11-16 (in Chinese)

[2] Bray R H. Soil-plant relations: I. The quantitative relation of exchangeable potassium to crop yields and to crop response to potash additions[J]. *Soil Science*, 1944, 58: 305-324

[3] Bray R H. Soil-plant relations: II. Balanced fertilizer use through soil tests for potassium and phosphorus[J]. *Soil Science*, 1945, 60: 463-473

[4] 周鸣铮．中国的测土施肥[J]．土壤通报，1987(1)：7-13
Zhou M Z. Soil testing and fertilizer recommendation in China [J]. *Chinese Journal of Soil Science*, 1987(1): 7-13 (in Chinese)

[5] 黄德明．我国农田土壤养分肥力状况及丰缺指标[J]．华北农学报，1988，3(2)：46-53
Huang D M. Soil fertility and fertility index for cropland soils in China [J]. *Acta Agriculturae Boreali-Sinica*, 1988, 3(2): 46-53 (in Chinese)

[6] 孙洪仁，曾红，赵雅晴，刘江扬，马悦然．中国玉米土壤氮素丰缺指标与适宜施氮量[J]．北方农业学报，2017，45(3)：40-49
Sun H R, Zeng H, Zhao Y Q, Liu J Y, Ma Y R. The abundance-deficiency indices of soil N and appropriate nitrogen application rates for maize in China[J]. *Journal of Northern Agriculture*, 2017, 45(3): 40-49 (in Chinese)

[7] 孙洪仁，张吉萍，江丽华，吕玉才，王应海．中国小麦土壤氮素丰缺指标与适宜施氮量研究[J]．北方农业学报，2018，46(2)：41-46
Sun H R, Zhang J P, Gang L H, Lv Y C, Wang Y H. Study on the abundance-deficiency indices of soil N and appropriate nitrogen application rates for wheat in China [J]. *Journal of Northern Agriculture*, 2018, 46(2): 41-46 (in Chinese)

[8] 孙洪仁，张吉萍，江丽华，吕玉才，王应海．中国水稻土壤氮素丰缺指标与适宜施氮量[J]．中国农学通报，2019，35(11)：82-87
Sun H R, Zhang J P, Gang L H, Lv Y C, Wang Y H. Abundance-deficiency indices of soil N and appropriate nitrogen application rates for rice in China[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2019, 35(11): 82-87 (in Chinese)

[9] 孙洪仁，江丽华，张吉萍，吕玉才，王应海．中国马铃薯土壤氮磷钾丰缺指标与适宜施肥量[J]．中国农学通报，2020，36(5)：78-85
Sun H R, Gang L H, Zhang J P, Lv Y C, Wang Y H. The abundance-deficiency indexes of soil NPK and appropriate fertilization rates for potato in China[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2020, 36(5): 78-85 (in Chinese)

[10] 孙洪仁，曹影，刘琳，吴雅娜，杨晓洁，赵雅晴．测土施肥土壤有效养分丰缺分级改良方案[J]．黑龙江畜牧兽医，2014(19)：1-5
Sun H R, Cao Y, Liu L, Wu Y N, Yang X J, Zhao Y Q. An improved scheme for the grading of abundance and deficiency of soil available nutrients in soil testing and fertilizer recommendation[J]. *Heilongjiang Animal Science and Veterinary Medicine*, 2014(19): 1-5 (in Chinese)

[11] 孙洪仁，曹影，刘琳，吴雅娜，杨晓洁，赵雅晴．"养分平衡—地力差减法"确定适宜施肥量的新应用公式[J]．黑龙江畜牧兽医，2014(7)：1-4
Sun H R, Cao Y, Liu L, Wu Y N, Yang X J, Zhao Y Q. A new application formula for determining the appropriate amount of fertilizer application with the methods of nutrient balance and dissimilar subtraction of soil fertility [J]. *Heilongjiang Animal Science and Veterinary Medicine*, 2014(7): 1-4 (in Chinese)

[12] 孙洪仁，曹影，刘琳，吴雅娜，杨晓洁，赵雅晴．测土施肥不同丰缺级别土壤的适宜施肥量[J]．黑龙江畜牧兽医，2014(23)：7-11
Sun H R, Cao Y, Liu L, Wu Y N, Yang X J, Zhao Y Q. The appropriate amount of fertilizer application for the soils with different levels of nutrient abundance and deficiency using soil testing and fertilizer recommendation [J]. *Heilongjiang Animal Science and Veterinary Medicine*, 2014(23): 7-11 (in Chinese)

[13] 孙洪仁，曾红，刘江扬，徐艺泉，马悦然．中国农牧交错带燕麦土壤氮素丰缺指标与适宜施氮量初步研究[J]．北方农业学报，2017，45(5)：22-27
Sun H R, Zeng H, Liu J Y, Xu Y Q, Ma Y R. Preliminary study on abundance-deficiency index of soil N and appropriate nitrogen application rates for oats in the farming-grazing transitional zone of China [J]. *Journal of Northern Agriculture*, 2017, 45(5): 22-27 (in Chinese)

[14] 孙洪仁，张吉萍，吕玉才，郑笑冉，张利霞，宋琼，林柏森．中国北方甜菜土壤碱解氮丰缺指标与适宜施氮量研究[J]．中国糖料，2019，41(2)：14-17
Sun H R, Zhang J P, Lv Y C, Zheng X R, Zhang L X, Song Q, Lin B S. Abundance-deficiency index of soil alkaline hydrolysis nitrogen and appropriate nitrogen application rates for sugar beet in North China[J]. *Sugar Crops of China*, 2019, 41(2): 14-17 (in Chinese)

[15] 钟培阁，孙洪仁，张吉萍，吕玉才，王应海．中国南方甘蔗土壤全氮丰缺指标与适宜施氮量初步研究[J]．中国糖料，2020，42(3)：43-48
Zhong P G, Sun H R, Zhang J P, Lv Y C, Wang Y H. Preliminary study on abundance-deficiency index of soil total nitrogen and appropriate N fertilizer application rates for sugarcane in the south of China[J]. *Sugar Crops of China*, 2020, 42(3): 43-48 (in Chinese)

[16] 王彦，朱凯迪，孙洪仁，张吉萍，吕玉才，王剑．中国苹果土壤养分丰缺指标与适宜施肥量初步研究[J]．中国农学通报，2022，38(5)：69-78
Wang Y, Zhu K D, Sun H R, Zhang J P, Lv Y C, Wang J. Abundance-deficiency index of soil nutrients and appropriate fertilizer application rates for apple planting in China: A preliminary study [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2022, 38(5): 69-78 (in Chinese)

[17] 孙洪仁，王显国，卜耀军，乔楠，任波．黄土高原紫花苜蓿土壤氮素丰缺指标和推荐施氮量初步研究[J]．草业学报，2022，31(4)：32-42
Sun H R, Wang X G, Bu Y J, Qiao N, Ren B. Preliminary study of a sufficiency index of soil N and recommended N fertilizer application rates

for alfalfa in the Loess Plateau of China[J]. *Acta Prataculturae Sinica*, 2022, 31(4): 32-42 (in Chinese)

[18] 朱凯迪，孙洪仁，张吉萍，江丽华，吕玉才，王国军，魏登峰. 我国籽实和饲草谷子土壤氮素丰缺指标和推荐施氮量[J]. 草地学报，2022，30(8)：2207-2216

Zhu K D, Sun H R, Zhang J P, Gang L H, Lv Y C, Wang G J, Wei D F. The abundance-deficiency index of soil N and recommended nitrogen fertilizer application rates for grain and forage millets in China[J]. *Acta Agrestia Sinica*, 2022, 30(8): 2207-2216 (in Chinese)

[19] 张明，吕志伟，孙洪仁，张吉萍，吕玉才，刘元青. 中国桃土壤氮素丰缺指标与适宜施氮量研究[J]. 中国农学通报，2023，39(14)：60-66

Zhang M, Lv Z W, Sun H R, Zhang J P, Lv Y C, Liu Y Q. Abundance-deficiency index of soil nitrogen and appropriate fertilizer application rates for peach planting in China[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2023, 39(14): 60-66 (in Chinese)

[20] 杨小可悦，孙洪仁，王显国，张运龙，杜雪燕，李林霞，冯泽娟，陶润志. 中国籽实和饲草大麦种植土壤氮素丰缺指标和推荐施氮量[J]. 大麦与谷类科学，2023，40(5)：32-44

Yang X K Y, Sun H R, Wang X G, Zhang Y L, Du X Y, Li L X, Feng Z J, Tao R Z. Abundance-deficiency index of soil N and recommended nitrogen fertilizer application rates for grain and forage barley in China[J]. *Barley and Cereal Sciences*, 2023, 40(5): 32-44 (in Chinese)

[21] 杨成桓. 葡萄营养特性及施肥技术研究[J]. 辽宁农业科学，1993(5)：4-8

Yang C H. Study on nutritional characteristics and fertilization techniques of grapes[J]. *Liaoning Agricultural Sciences*, 1993(5): 4-8 (in Chinese)

[22] 张志勇. 规模化和农户葡萄园施肥与养分循环、平衡的研究[D]. 保定：河北农业大学，2004

Zhang Z Y. Case study on the fertilization, nutrients cycling and balance of the large-scale and household vineyards [D]. Baoding: Hebei Agricultural University, 2004 (in Chinese)

[23] 谢海霞. 全球红葡萄需肥规律及其高产、优质、高效施肥研究[D]. 乌鲁木齐：新疆农业大学，2005

Xie H X. Study on the pattern of requirement of fertilizer and fertilization for high yield, quality and efficiency of Red Globe grape[D]. Urumqi: Xinjiang Agricultural University, 2005 (in Chinese)

[24] 马文娟. 不同经济作物养分吸收与累积规律研究[D]. 杨凌：西北农林科技大学，2010

Ma W J. Research on nutrients uptake and accumulation in different cash crops[D]. Yangling: Northwest A&F University, 2010 (in Chinese)

[25] 贾名波，史祥宾，翟衡，邵小杰. 巨峰葡萄氮、磷、钾养分吸收与分配规律[J]. 中外葡萄与葡萄酒，2014(3)：8-13

Jia M B, Shi X B, Zhai H, Shao X J. Absorption and distribution of Nitrogen, Phosphorus and Potassium in Kyoho grapevine [J]. *Sino-Overseas Grapevine & Wine*, 2014(3): 8-13 (in Chinese)

[26] 牛锐敏，许泽华，陈卫平，方志勇，周定山，王福宁. 贺兰山东麓葡萄干物质积累及养分吸收量研究[J]. 中外葡萄与葡萄酒，2014(4)：12-14，18

Niu R M, Xu Z H, Chen W P, Fang Z Y, Zhou D S, Wang F N. Research on the accumulation of dry matter and nutrient in grape plant in east foot of Helan Mountain[J]. *Sino-Overseas Grapevine & Wine*, 2014(4): 12-14, 18 (in Chinese)

[27] 杨俐苹. 葡萄园水肥一体化养分管理技术[J]. 中外葡萄与葡萄酒，2015(4)：36-39

Yang L P. Nutrient management technology of integrated water and fertilizer in vineyard[J]. *Sino-Overseas Grapevine & Wine*, 2015(4): 36-39 (in Chinese)

[28] 史祥宾，王孝娣，冀晓昊，王志强，郑晓翠，王宝亮，王小龙，刘凤之，王海波. '巨峰'葡萄必需矿质元素年需求规律研究[J]. 中国果树，2018(6)：29-32

Shi X B, Wang X D, Ji X H, Wang Z Q, Zheng X C, Wang B L, Wang X L, Liu F Z, Wang H B. Study on annual requirement characteristics of essential mineral elements in 'Kyoho' grape[J]. *China Fruits*, 2018(6): 29-32 (in Chinese)

[29] 庞国成. 葡萄在设施栽培中的肥水需求特性与高效利用技术研究[D]. 北京：中国农业科学院，2019

Pang G C. Study on fertilizer and water requirement characteristics and efficient utilization technology of grape in protected cultivation [D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2019 (in Chinese)

[30] 郭路航. 保定地区葡萄优质高产养分综合管理技术研究[D]. 保定：河北农业大学，2021

Guo L H. Research on integrated nutrients resource management for high quality and yield of grape in Baoding area [D]. Baoding: Hebei Agriculture University, 2021 (in Chinese)

[31] 李华，宋贤士，朱建程. 葡萄经济施肥优化模式的初步研究[J]. 数量经济技术经济研究，1989，6(3)：35-38，53

Li H, Song X S, Zhu J C. Preliminary study on optimization model of economic fertilization for grapes [J]. *Journal of Quantitative & Technological Economics*, 1989, 6(3): 35-38, 53 (in Chinese)

[32] 崔玉珍，张玉龙，马冬菊，栾桂林，周淑清. 氯化铵对园艺作物品质产量的影响[J]. 土壤通报，1992，23(6)：260-262

Cui Y Z, Zhang Y L, Ma D J, Luan G L, Zhou S Q. Effect of ammonium chloride on quality and yield of horticultural crops [J]. *Chinese Journal of Soil Science*, 1992, 23(6): 260-262 (in Chinese)

[33] 赵永志，刘宏斌，董玉琴，张彩月. 葡萄氮、钾肥料合理配施试验[J]. 北京农业科学，2002(2)：27-28，37

Zhao Y Z, Liu H B, Dong Y Q, Zhang C Y. Experiment on the rational application of nitrogen and potassium fertilizers to grapes [J]. *Beijing Agricultural Sciences*, 2002(2): 27-28, 37 (in Chinese)

[34] 秦嗣军. 双优山葡萄需肥规律及施肥效果的研究[D]. 长春：吉林农业大学，2002

Qin S J. Studies on fertilizer-required rhythm and fertilized effect on Shuang You *vitis amurensis*[D]. Changchun: Jilin Agricultural University, 2002 (in Chinese)

[35] 梁锦绣. 淡灰钙土氮磷钾肥料对酿酒葡萄产量的影响[J]. 宁夏农林科技，2004，45(2)：12-14

Liang J X. Effect of nitrogen, phosphorus and potassium fertilizer on the yield of wine grapes in light gray calcium soil[J]. *Journal of Ningxia Agriculture and Forestry Science and Technology*, 2004, 45(2): 12-14 (in Chinese)

[36] 梁智，冯耀祖，马兴旺，钟新才. 砂壤质棕漠土上葡萄滴灌施肥的NPK追肥配比研究[J]. 土壤通报，2005，36(4)：557-559

Liang Z, Feng Y Z, Ma X W, Zhong X C. Ratio of drip top-dressing N, P and K for grape[J]. *Chinese Journal of Soil Science*, 2005, 36(4): 557-559 (in Chinese)

[37] 赵春艳. 滴灌葡萄水肥耦合效应研究[D]. 乌鲁木齐：新疆农业大学，2005

Zhao C Y. Response and interaction for water and fertilizer of grape with drop irrigation[D]. Urumqi: Xinjiang Agricultural University, 2005 (in Chinese)

[38] 高义民，同延安，马文娟. 陕西关中葡萄园土壤养分状况分析与平衡施肥研究[J]. 西北农林科技大学学报：自然科学版，2006，34(9)：41-44

Gao Y M, Tong Y A, Ma W J. Study on grapery soil nutrients condition and balanced fertilization in Shaanxi Guanzhong area[J]. *Journal of Northwest A&F University: Natural Science Edition*, 2006, 34(9): 41-44 (in Chinese)

[39] 刘新兵. 氮磷钾肥不同配比在无核白葡萄上的应用[J]. 新疆农垦科技, 2007, 30(4): 61-62
Liu X B. Application of different proportions of nitrogen, phosphorus and potassium fertilizer on seedless white grape[J]. *Xinjiang Farm Research of Science and Technology*, 2007, 30(4): 61-62 (in Chinese)

[40] 吴鹏, 梁锦秀, 周涛. 硫酸钾镁肥对酿酒葡萄的肥效试验[J]. 宁夏农林科技, 2008, 49(4): 13-15
Wu P, Liang J X, Zhou T. Effect of potassium magnesium sulfate fertilizer on wine grapes[J]. *Journal of Ningxia Agriculture and Forestry Science and Technology*, 2008, 49(4): 13-15 (in Chinese)

[41] 钟勇法, 刘义平, 李以训. "巨峰"葡萄施氮磷钾肥的效应初探[J]. 上海农业科技, 2009(3): 74-75
Zhong Y F, Liu Y P, Li Y X. Preliminary study on the effect of applying nitrogen, phosphorus and potassium fertilizer on "Kyoho" grape[J]. *Shanghai Agricultural Science and Technology*, 2009(3): 74-75 (in Chinese)

[42] 于淑霞, 赵庆东. 施氮水平对京亚葡萄产量、品质及根际自生固氮菌的影响[J]. 吉林农业科技学院学报, 2010, 19(1): 13-14
Yu S X, Zhao Q D. Effect of fertilizing N levels on the yield, quality and self-rhizosphere nitrogen-fixing bacteria of Jingya grape[J]. *Journal of Jilin Agricultural Science and Technology College*, 2010, 19(1): 13-14 (in Chinese)

[43] 吴建平, 朱梅芳, 阎学秀, 陈秀清, 李惠其, 陆明福, 严其明, 邵敏芳, 秦彪, 须顺第, 严杰, 金德龙. 葡萄氮磷钾适宜用量初探[J]. 上海农业科技, 2010(5): 92-94
Wu J P, Zhu M F, Yan X X, Chen X Q, Li H Q, Lu M F, Yan Q M, Shao M F, Qin B, Xu S D, Yan J, Jin D L. Preliminary study on the suitable dosage of nitrogen, phosphorus and potassium in grapes[J]. *Shanghai Agricultural Science and Technology*, 2010(5): 92-94 (in Chinese)

[44] 李铭, 张建新, 郭绍杰, 苏学德, 吴鹏, 郑强卿. 不同施肥配比对干旱戈壁地克瑞森无核果实性状及产量的影响[J]. 中外葡萄与葡萄酒, 2010(9): 20-23
Li M, Zhang J X, Guo S J, Su X D, Wu P, Zhang Q Q. Effect of combined application of fertilizer on fruit characters and yield of Crimson Seedless grape in Gobi soil of dry region[J]. *Sino-Overseas Grapevine & Wine*, 2010(9): 20-23 (in Chinese)

[45] 郑章福. 巨峰葡萄"3414"肥效试验[J]. 福建农业科技, 2011(4): 72-74
Zheng Z F. Fertilization effects of 3414 experiment on Kyoto grape[J]. *Fujian Agricultural Science and Technology*, 2011(4): 72-74 (in Chinese)

[46] 刘义平. 葡萄"3414"肥料效应研究[J]. 江西农业学报, 2011, 23(7): 121-123, 126
Liu Y P. Study on fertilizer effect on grape in "3414" test[J]. *Acta Agriculturae Jiangxi*, 2011, 23(7): 121-123, 126 (in Chinese)

[47] 苏学德, 李铭, 郭绍杰, 李鹏程, 郑强卿. 干旱区戈壁地克瑞森无核"3414"肥料效应及推荐施肥量研究[J]. 中外葡萄与葡萄酒, 2012(1): 32-35
Su X D, Li M, Guo S J, Li P C, Zheng Q Q. Study on "3414" fertilizer response and recommended fertilization amount on Crimson Seedless in Gobi soil of dry region[J]. *Sino-overseas Grapevine & Wine*, 2012(1): 32-35 (in Chinese)

[48] 李俊玲. 两种氮肥在葡萄上应用试验[J]. 农村科技, 2012(4): 24-25
Li J L. Application of two nitrogen fertilizer on grapes[J]. *Rural Science & Technology*, 2012(4): 24-25 (in Chinese)

[49] 郭江. 基于吐鲁番葡萄"3414"试验的施肥参数研究[J]. 现代农业科技, 2012(21): 101
Guo J. Study on fertilization parameters based on Turpan grape "3414" experiment[J]. *Modern Agricultural Science and Technology*, 2012(21): 101 (in Chinese)

[50] 周敏. 葡萄施肥与负载量对其产量与品质的影响研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2012
Zhou M. Studies on the influence of fertilizer and loading on the yield and quality of grape[D]. Changsha: Hunan Agricultural University, 2012 (in Chinese)

[51] 吴代东, 覃柳燕, 邹瑜, 牟海飞, 张进忠, 韦绍龙, 李小泉, 林贵美. 不同施肥处理对毛葡萄野酿2号产量及品质的影响[J]. 南方农业学报, 2013, 44(1): 96-100
Wu D D, Qin L Y, Zou Y, Mou H F, Zhang J Z, Wei S L, Li X Q, Lin G M. Influences of different fertilizer treatments on the yield and quality of wild grape variety Yeniang 2(*Vitis quinquangularis* Rehd)[J]. *Journal of Southern Agriculture*, 2013, 44(1): 96-100 (in Chinese)

[52] 薛晓虹, 钟勇法. 巨峰葡萄氮磷钾肥效及其适宜用量研究[J]. 东南园艺, 2013(3): 27-29
Xue X H, Zhong Y F. Study on the effect of nitrogen, phosphorus and potassium fertilizer and its suitable dosage in Kyoho grape[J]. *Southeast Horticulture*, 2013(3): 27-29 (in Chinese)

[53] 孙九胜, 胡伟, 王新勇, 祁通, 刘易. 控释氮肥在新疆葡萄上的肥效及其施肥优化研究[J]. 北方园艺, 2013(5): 169-171
Sun J S, Hu W, Wang X Y, Qi T, Liu Y. Fertilization effect as well as optimize fertilize of controlled release N fertilizer on grape in Xinjiang[J]. *Northern Horticulture*, 2013(5): 169-171 (in Chinese)

[54] 范富, 张庆国, 侯迷红, 刘秀杰. 优化施肥对沙地栽培葡萄产量及品质的影响[J]. 果树学报, 2013, 30(6): 983-988
Fan F, Zhang Q G, Hou M H, Liu X J. Effects of optimized fertilization on yield and quality of grape in sandy soil[J]. *Journal of Fruit Science*, 2013, 30(6): 983-988 (in Chinese)

[55] 甘付华. 干旱区葡萄"3414"肥料效应研究[J]. 现代园艺, 2013(7): 14-15
Gan F H. Study on fertilizer effect of grape with "3414" experiment in arid areas[J]. *Contemporary Horticulture*, 2013(7): 14-15 (in Chinese)

[56] 陈默, 冯静, 杨海刚, 王安明. 葡萄最佳施肥试验研究[J]. 现代农业科技, 2013(24): 84, 86
Chen M, Feng J, Yang H G, Wang A M. Experimental study on optimal fertilization of grapes[J]. *Modern Agricultural Science and Technology*, 2013(24): 84, 86 (in Chinese)

[57] 张晓娟. 宁夏贺兰山东麓风沙土酿酒葡萄氮磷钾合理施肥量研究[D]. 银川: 宁夏大学, 2013
Zhang X J. Study on wine grapes reasonable fertilizer of nitrogen, phosphorus and potassium fertilization in eastern foot of Helan mountain sandy soil in Ningxia[D]. Yinchuan: Ningxia University, 2013 (in Chinese)

[58] 梁睢, 艾尼瓦尔, 郭峰, 郭红梅. 无核白葡萄"3414"肥效试验[J]. 落叶果树, 2014, 46(2): 11-14
Liang J, Ainiwaer, Guo F, Guo H M. Fertilizer effect test of Seedless White grapes with "3414" experiment[J]. *Deciduous Fruits*, 2014, 46(2): 11-14 (in Chinese)

[59] 刘助生, 李顺辉, 黄志琼, 杨艺玲, 黄丽秀, 邱巧玲. 不同施肥水平对夏黑葡萄生长性状的影响[J]. 南方农业学报, 2015, 46(2): 228-231
Liu Z S, Li S H, Huang Z Q, Yang Y L, Huang L X, Qiu Q L. Effects of

different fertilization levels on the growth traits of Summer Black Grape [J]. *Journal of Southern Agriculture*, 2015, 46 (2) : 228-231 (in Chinese)

[60] 周敏，廖淼玲，郑辉艳，白描，杨国顺．夏黑无核葡萄肥料效应研究[J]．中国土壤与肥料，2015(6)：87-91
Zhou M, Liao M L, Zheng H Y, Bai M, Yang G S. Fertilizer effect on summer black seedless grape[J]. *Soil and Fertilizer Sciences in China*, 2015(6): 87-91 (in Chinese)

[61] 王大普．葡萄"2+x"氮肥总量控制试验[J]．中国园艺文摘，2015，31(7)：38-39
Wang D P. "2+x" experiment on total nitrogen control of grape[J]. *Chinese Horticulture Abstracts*, 2015, 31(7): 38-39 (in Chinese)

[62] 赵鹏宇．贺兰山东麓土壤水氮运移规律及调控[D]．银川：宁夏大学，2015
Zhao P Y. The migration law and regulation of soil water and nitrogen in vineyard in eastern foot of Helan mountain[D]. Yinchuan: Ningxia University, 2015 (in Chinese)

[63] 周兴本．水肥配比对葡萄生长发育、氮代谢及水肥耦合效应的研究[D]．沈阳：沈阳农业大学，2015
Zhou X B. Studies on the growth and development, nitrogen metabolism and coupling effects under water-fertilizer ratio in grape[D]. Shenyang: Shenyang Agricultural University, 2015 (in Chinese)

[64] 王玉红，王长松，陈莉萍，胡姚凯，金尤雅．葡萄节水灌溉条件下氮钾施用量的初步研究[J]．土壤与作物，2016，5(3)：185-190
Wang Y H, Wang C S, Chen L P, Hu Y K, Jin Y Y. Preliminary study on nitrogen and potassium application rates under water-saving irrigation in grapery[J]. *Soils and Crops*, 2016, 5(3):185-190 (in Chinese)

[65] 张勇，刘志刚．吐鲁番无核白葡萄"2+X"氮肥总量控制肥效研究[J]．安徽农业科学，2016，44(3)：160-163
Zhang Y, Liu Z G. Fertilizer controlled research of "2+X" total nitrogen of Turpan seedless grape[J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2016, 44(3): 160-163 (in Chinese)

[66] 董思永，于德科，朱叶．安徽省葡萄施肥指标体系氮肥总量控制试验研究[J]．农业科技通讯，2016(7)：123-127
Dong S Y, Yu D K, Zhu Y. Experimental study on total nitrogen fertilizer control of grape fertilization index system in Anhui Province[J]. *Bulletin of Agricultural Science and Technology*, 2016(7): 123-127 (in Chinese)

[67] 曾卫东，蒲俊蓉，李红梅，万江，王婷．新疆焉耆县葡萄"2+X"氮肥总量控制试验[J]．农业工程技术，2016，36(14)：24
Zeng W D, Pu J R, Li H M, Wan J, Wang T. "2+X" experiment on total nitrogen fertilizer control of grape in Yanqi County, Xinjiang[J]. *Agricultural Engineering Technology*, 2016, 36(14): 24 (in Chinese)

[68] 李磊，王锐，纪立东，孙权，许晓瑞，蒋鹏．氮肥施用量对酿酒葡萄初果期生长及产量品质的影响[J]．北方园艺，2016(21)：32-36
Li L, Wang R, Ji L D, Sun Q, Xu X R, Jiang P. Effects of nitrogen fertilizer application on beginning growth, yield and quality of wine grape [J]. *Northern Horticulture*, 2016(21): 32-36 (in Chinese)

[69] 马宗桓．滴灌条件下不同施氮时期对酿造葡萄碳氮代谢的影响[D]．兰州：甘肃农业大学，2016
Ma Z H. Effect of different time of application nitrogen on carbon and nitrogen metabolism of wine grapes by drip irrigation[D]. Lanzhou: Gansu Agricultural University, 2016 (in Chinese)

[70] 文平兰，陈海波，童华东，赵九红，郦丹薇．句容市葡萄生产上氮肥总量控制肥效试验初报[J]．上海农业科技，2017(1)：94-95
Wen P L, Chen H B, Tong H D, Zhao J H, Li D W. Preliminary report on fertilizer response test of total nitrogen fertilizer control in grape production in Jurong City[J]. *Shanghai Agricultural Science and Technology*, 2017(1): 94-95 (in Chinese)

[71] 奎秀．2016年宣城市宣州区葡萄"2+X"试验研究[J]．现代农业科技，2017(10)：68-69，72
Kui X. "2+X" experimental study on grapes in Xuanzhou district of Xuancheng City in 2016[J]. *Modern Agricultural Science and Technology*, 2017(10): 68-69, 72 (in Chinese)

[72] 曾庆华，徐峰，郑文才，周凯，周前艳．不同施氮量对北玫葡萄品质和经济效益的影响[J]．耕作与栽培，2018(3)：21-22，30
Zeng Q H, Xu F, Zheng W C, Zhou K, Zhou Q Y. Effects of different nitrogen application rates on quality and economic benefits of Beimei grape [J]. *Tillage and Cultivation*, 2018(3): 21-22, 30 (in Chinese)

[73] 刘博，罗桂杰，谭军，沙建国．不同架式和肥料配比对红乳葡萄生长、产量及果实品质的影响[J]．江西农业学报，2018，30(10)：23-27
Liu B, Luo G J, Tan J, Sha J G. Effects of different shelf structures and fertilizer ratios on growth, yield and fruit quality of Hongru grape[J]. *Acta Agriculturae Jiangxi*, 2018, 30(10): 23-27 (in Chinese)

[74] 马蕾．红地球葡萄需肥规律与化肥减施研究[D]．银川：宁夏大学，2018
Ma L. Study on fertilizer demand regulation and fertilizer reduction in Red Globe grape[D]. Yinchuan: Ningxia University, 2018 (in Chinese)

[75] 宁改星，马宗桓，毛娟，李文芳，王颖，胡紫璟，史星雲，陈佰鸿．施氮量对荒漠区'蛇龙珠'葡萄叶片质量的影响[J]．果树学报，2019，36(9)：1150-1160
Ning G X, Ma Z H, Mao J, Li W F, Wang Y, Hu Z J, Shi X Y, Chen B H. Effects of nitrogen application rates on the leaf quality of 'Cabernet Gernischet' in desert areas[J]. *Journal of Fruit Science*, 2019, 36(9): 1150-1160 (in Chinese)

[76] 薛宏昌．葡萄"2+X"氮肥总量控制试验[J]．河南农业，2019(17)：10，16
Xue H C. "2+X" experiment on total nitrogen control of grape[J]. *Agriculture of Henan*, 2019(17): 10, 16 (in Chinese)

[77] 王小龙，张正文，钟晓敏，王记侠，卞凤娥，王坤，刘凤之，王海波．不同施肥对酿酒葡萄果实产量和品质的影响[J]．中国南方果树，2020，49(2)：107-113
Wang X L, Zhang Z W, Zhong X M, Wang J X, Bian F E, Wang K, Liu F Z, Wang H B. Effects of different fertilization on fruit yield and quality of wine grape[J]. *South China Fruits*, 2020, 49 (2) : 107-113 (in Chinese)

[78] 车升国，唐继伟，聂占声，董立盛．优化施肥对延迟栽培葡萄产量和养分吸收的影响[J]．北方园艺，2020(23)：24-30
Che S G, Tang J W, Nie Z S, Dong L S. Effects of optimized fertilization on yield and nutrient uptake of grape with facility-delayed cultivation[J]. *Northern Horticulture*, 2020(23): 24-30 (in Chinese)

[79] 郝宇．秸秆还田配施氮肥对滨海盐土化学性质及葡萄生长的影响[D]．沈阳：沈阳农业大学，2020
Hao Y. Effects of rice straw application combined with nitrogen fertilizer on grape growth and chemical properties of coastal saline soil[D]. Shenyang: Shenyang Agricultural University, 2020 (in Chinese)

[80] 杨焕焕，杨占平，吕中伟，和爱玲，杜君，薛广原．不同施氮措施对"巨玫瑰"葡萄生长发育及品质的影响[J]．江西农业学报，2021，33(4)：39-45，51
Yang H H, Yang Z P, Lv Z W, He A L, Du J, Xue G Y. Effects of different nitrogen fertilizer application measures on growth, development and quality of "Giant Rose" grape[J]. *Acta Agriculturae Jiangxi*, 2021, 33(4): 39-45, 51 (in Chinese)

[81] 郝鹏，王紫．不同氮肥施用量对茉莉王葡萄果实品质的影响[J]．园艺与种苗，2021，41(4)：33-34

Hao P, Wang Z. Effects of different nitrogen application rates on quality of King Jasmine grape[J]. *Horticulture & Seed*, 2021, 41(4): 33-34 (in Chinese)

[82] 贺雅娟，卢慧慧，郭艳兰，贾进，李文芳，毛娟，马宗桓，陈佰鸿. 施氮量对葡萄叶片生理生化指标及果实品质的影响[J]. 甘肃农业大学学报，2021, 56(6): 56-63, 72

He Y J, Lu H H, Guo Y L, Jia J, Li W F, Mao J, Ma Z H, Chen B H. Effects of nitrogen application on leave physiology characteristics and in-fruit accumulation of sugar and anthocyanin of wine grape[J]. *Journal of Gansu Agricultural University*, 2021, 56(6): 56-63, 72 (in Chinese)

[83] 何雪霞. 滴灌施肥对半湿润区葡萄园温室气体排放的影响及模拟[D]. 杨凌：西北农林科技大学，2021

He X X. Effect of drip-irrigation and fertilization on greenhouse gas emission of vineyards and its simulation in semi-humid area [D]. Yangling: Northwest A&F University, 2021 (in Chinese)

[84] 盘丰平，李洪艳，韦荣福，刘金标，韩佳宇，陆正义，曹慕明，孙权，白先进. 一年两收模式下葡萄大量元素肥料合理施用量研究[J]. 南方园艺，2022, 33(4): 15-21

Pan F P, Li H Y, Wei R F, Liu J B, Han J Y, Lu Z Y, Cao M M, Sun Q, Bai X J. Study on rational application amount of macro-element fertilizer for grapes under the two harvests a year [J]. *Southern Horticulture*, 2022, 33(4): 15-21 (in Chinese)

[85] 周旭元. 鲜食葡萄"2+X"肥料试验[J]. 农业科技与信息，2022, 19(11): 39-42

Zhou X Y. "2+X" experiment of fertilizer for table grapes [J]. *Agricultural Science-Technology and Information*, 2022, 19(11): 39-42 (in Chinese)

[86] 郭江. 不同施肥方式对葡萄产量和品质的影响[J]. 新疆农业科技，2023(1): 13-15

Guo J. Effects of different fertilization methods on grape yield and quality [J]. *Xinjiang Agricultural Science and Technology*, 2023(1): 13-15 (in Chinese)

[87] 胡文峰，周旋，黄粤林，徐章倩，张慧如，杨威，杨向东，彭建伟. 氮肥减量配施包膜尿素对阳光玫瑰光合特性、产量及品质的影响[J]. 华北农学报，2023, 38(2): 179-187

Hu W F, Zhou X, Huang Y L, Xu Z Q, Zhang H R, Yang W, Yang X D, Peng J W. Effects of nitrogen reduction combined with coated urea on photosynthetic characteristics, yield and quality of Shine Muscat [J]. *Acta Agriculturae Boreali-Sinica*, 2023, 38(2): 179-187 (in Chinese)

[88] 黄粤林，彭建伟，张玉平，胡文峰，周旋，唐岚，孙德荣. "阳光玫瑰"葡萄有机肥替代部分化肥的生产效果[J]. 中国南方果树，2023, 52(4): 151-156, 164

Huang Y L, Peng J W, Zhang Y P, Hu W F, Zhou X, Tang L, Sun D R. Production effect of "Sunshine Rose" grape with organic fertilizer replacing part of chemical fertilizer [J]. *South China Fruits*, 2023, 52(4): 151-156, 164 (in Chinese)

[89] 赵斌，张莲晓，王红，张瑞芳，周大迈，张春楠. 控水条件下不同肥料配比对葡萄生长的影响[J]. 北方园艺，2023(13): 36-44

Zhao B, Zhang L X, Wang H, Zhang R F, Zhou D M, Zhang C N. Effects of fertilizer ratio on grape growth under water control condition [J]. *Northern Horticulture*, 2023(13): 36-44 (in Chinese)

[90] 谭金芳. 作物施肥原理与技术[M]. 第2版. 北京：中国农业大学出版社，2011

Tan J F. *Principles and Technology of Crop Fertilization* [M]. 2nd ed. Beijing: China Agricultural University Press, 2011 (in Chinese)

[91] Dyson C B, Conyers M K. Methodology for online biometric analysis of soil test: Crop response datasets[J]. *Crop and Pasture Science*, 2013, 64(5): 435-441

[92] Speirs S D, Reuter D J, Peverill K I, Brennan R F. Making better fertiliser decisions for cropping systems in Australia: An overview [J]. *Crop and Pasture Science*, 2013, 64(5): 417-423

[93] Watmuff G, Reuter D J, Speirs S D. Methodologies for assembling and interrogating N, P, K, and S soil test calibrations for Australian cereal, oilseed and pulse crops [J]. *Crop and Pasture Science*, 2013, 64(5): 424-434

责任编辑：董金波

第一作者简介： 孙洪仁，中国农业大学草业科学与技术学院副教授，中国畜牧业协会草业分会常务理事、原副秘书长，国家草产业科技创新联盟常务理事，中国草学会饲料生产专业委员会常务理事，中国植物营养与肥料学会施肥技术专业委员会委员，农业农村部"振兴奶业苜蓿发展行动"专家组专家，中国薯网测土施肥技术顾问，"中国草都"首席顾问。创建了以"零散实验数据整合法""土壤养分丰缺分级改良方案""养分平衡-地力差减法新应用公式"为核心的作物测土推荐施肥系统研究新方法，并采用该法建立了紫花苜蓿、燕麦、大麦、谷子、甜菜、甘蔗、柑橘、苹果、桃、葡萄、番茄、黄瓜、西瓜和棉花等诸多作物的土壤养分丰缺指标推荐施肥系统。创建了作物施肥量通用检索表。以第一作者或通信作者身份发表论文100余篇，主编及副主编专著9部，以第一起草人身份编制国家级团体标准和省级地方标准6项。