

马振朝,王嘉莹,庞新宇,等. 河北省葡萄施肥现状及节能减排潜力分析[J]. 江苏农业科学,2018,46(5):135-139.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.05.036

# 河北省葡萄施肥现状及节能减排潜力分析

马振朝<sup>1</sup>, 王嘉莹<sup>2</sup>, 庞新宇<sup>2</sup>, 李蕊<sup>2</sup>, 谢枫<sup>2</sup>, 孙浩<sup>2</sup>, 吉艳芝<sup>1</sup>

(1. 河北农业大学资源与环境科学学院, 河北保定 071000; 2. 河北农业大学国土资源学院, 河北保定 071000)

**摘要:**在河北省葡萄主产区怀来县和昌黎县,通过现场调查和田间试验,分析葡萄园施肥现状,明确葡萄园合理施肥量,估算河北省葡萄种植的节肥与节能减排潜力。结果表明,葡萄主产区氮、磷、钾养分投入量均超标,N 高出标准 42.27%~182.86%, $P_2O_5$  高出标准 50.66%~112.45%, $K_2O$  高出标准 48.57%~80.80%;养分投入比例不协调,相对氮素而言,钾素投入明显偏低;施肥方式欠合理,90%以上为浅穴或浅沟(5~10 cm)追肥。优化施肥处理的鲜食、酿酒葡萄分别比传统施肥增产 13.6%、20.9%,品质指标差异不显著;土壤速效养分积累量随施肥量增加而上升,与传统施肥相比,鲜食、酿酒葡萄优化施肥处理 0~60 cm 土层中硝态氮累积量分别降低 26.79%、28.31%,速效磷分别降低 11.67%、11.64%,速效钾分别降低 21.60%、10.44%;氮平衡率传统施肥为 243.85%,优化施肥为 119.84%,传统施肥氮素盈余量显著高于优化施肥处理。采用优化施肥量,估算出河北省可节省尿素 5.98 万 t、磷酸二铵 4.19 万 t、硫酸钾 4.93 万 t;同时生产肥料的能耗和污染物排放也大幅度降低。河北省葡萄主产区生产过程中肥料不合理施用是制约其高产、优质、高效生产的关键问题,通过合理施肥实现节能减排的潜力巨大,可以显著降低生产成本。

**关键词:**葡萄;施肥现状;氮素平衡;节能减排潜力

**中图分类号:** S663.106 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)05-0135-05

葡萄是适应范围最广的果树,在我国各地区均有种植,我国葡萄的种植面积由 2010 年的 70.37 万  $hm^2$  增加到 2013 年 81.40 万  $hm^2$ ,产量也由 2010 年 854.89 万 t 升至 2013 年的 1 155.00 万 t<sup>[1-2]</sup>。河北省葡萄种植面积和产量均居全国第二,2014 年河北省葡萄种植面积达 13.282 万  $hm^2$ ,总产量达 163.02 万 t<sup>[3]</sup>。在葡萄生产中,施肥是葡萄种植的关键,为了追求高产,盲目施肥不仅导致葡萄产量下降和品质降低,也造成资源严重浪费与环境日益恶化<sup>[4]</sup>。

合理施肥不仅能增加葡萄产量,改善葡萄的品质,降低生产成本,而且能提高肥料利用率,增强果园土壤肥力,创造良好的土壤环境<sup>[5]</sup>。王探魁等对河北省葡萄主产区施肥现状调查分析,研究发现河北省葡萄主产区养分施用量过大,氮磷钾养分比例不协调,施肥时期不合理<sup>[6]</sup>。魏建林等对不同用量控释氮肥在葡萄生产上的施用效果研究发现,优化施肥方式,减少氮素养分投入量,与传统施肥相比葡萄产量增加 211.9 kg/667  $m^2$ ,增幅达 7%,且在减氮 15%、30% 情况下葡萄的可溶性糖含量最高,与传统施肥相比提高了 10% 左右,差异明显<sup>[7]</sup>。赵翠芳在辽宁省抚顺市顺城区会元乡进行了葡萄配方肥对比校正试验,结果施用葡萄配方肥的地块增产幅度达 14.93%~33.24%,减少投入 50%,产量提高了 35% 左右,配方肥能基本满足葡萄正常生长发育对氮、磷、钾养分的需求<sup>[8]</sup>。程杰山等研究不同施肥量对“巨玫瑰”葡萄生长

和果实品质的影响,结果增加施肥量超过 300 kg/ $hm^2$  时,葡萄果实的糖含量、可滴定酸含量等品质指标并未显著增加,反而稍有下降趋势,葡萄果实的物理性状和硬度也没有显著差异。此外,合理施肥能够有效节约自然资源和能源,减少污染物排放量,节能减排潜力巨大<sup>[9]</sup>。秦淑平等对合理调控化肥农药施用,有效促进农业节能减排进行研究,通过合理施用化肥、农药,肥料利用率提高 3%~5%,节省化肥 39 kg/ $hm^2$ ,节约化肥成本 120~150 元/ $hm^2$ ,节本增收 750 元/ $hm^2$  较大程度上促进了吴江市农业清洁生产工作,进一步改善了农业生态环境,实现农业可持续发展<sup>[10]</sup>。

本研究在河北省葡萄主产区怀来县和昌黎县进行,通过现场调查和田间试验,分析葡萄园施肥现状,明确葡萄园合理施肥量,估算河北省葡萄种植的节肥与节能减排潜力,为实现河北省葡萄优质、安全、高效生产提供技术支撑,为养分的高效利用、资源节约和葡萄产业的可持续发展提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 施肥现状调查

2015 年 8 月,在河北省葡萄主产区昌黎县、怀来县,分别对 50 户酿酒葡萄种植户和 56 户鲜食葡萄种植户进行施肥调查。调查内容包括园地面积、葡萄种类、种植年限、产量、施肥种类、施肥量、施肥方式、施肥时间等。分析河北省葡萄主产区施肥中存在的主要问题。

### 1.2 优化施肥试验设计

试验在昌黎县进行,昌黎属于暖温带季风区,无霜期 186 d,最高平均气温为 25.1  $^{\circ}C$ ,最低平均气温为 -5.2  $^{\circ}C$ ,年平均气温为 11  $^{\circ}C$ ,平均年降水量为 712.7 mm。试验地土壤质地为砾质沙壤土,试验土壤养分状况见表 1。

收稿日期:2016-09-23

基金项目:公益性行业(农业)科研专项(编号:201103003-03);河北农业大学大学生创新创业训练计划。

作者简介:马振朝(1991—),男,河北邯郸人,硕士研究生。主要从事葡萄土壤与叶片营养诊断研究。E-mail:617217657@qq.com。

通信作者:吉艳芝,副教授,主要从事土壤环境质量研究。E-mail:jiyanzhi@hebau.edu.cn。

表 1 试验地 10~30 cm 土层的土壤理化性质

葡萄园	土壤容重 (g/cm <sup>3</sup> )	pH 值	有机质 (g/kg)	碱解氮 (mg/kg)	速效磷 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)
酿酒	1.33	5.83	19.19	84.00	206.17	213.14
鲜食	1.34	5.19	14.25	51.98	140.99	195.26

酿酒葡萄品种为赤霞珠,树龄 10 年;鲜食葡萄品种为红地球,树龄 12 年。试验分为传统施肥和优化施肥,小区面积为 60 m<sup>2</sup>,重复 3 次。试验所用氮肥为尿素(含 N 量 46%),磷肥为过磷酸钙(含 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 16%),钾肥为硫酸钾(含 K<sub>2</sub>O 50%);有机肥采用腐熟的鲜羊粪(含 N 0.65%、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 0.47%、K<sub>2</sub>O 0.45%),传统施肥肥料施入量为 50.8 t/hm<sup>2</sup>,优化施肥肥料施入量为 30.6 t/hm<sup>2</sup>。栽培管理措施与当地生产一致。不同处理养分投入量见表 2。

表 2 不同处理肥料投入量

养分种类	施肥量(kg/hm <sup>2</sup> )					
	传统施肥			优化施肥		
	有机肥	化肥	总养分	有机肥	化肥	总养分
N	330.00	325.455	655.46	198.00	250.35	448.35
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	238.62	215.67	454.29	143.17	165.90	309.07
K <sub>2</sub> O	228.46	408.954	637.42	137.08	314.58	451.66

1.3 分析与测定

葡萄成熟时,田间按小区实收称质量,计算小区产量,并折算单位面积产量;每个处理随机选取 3 株葡萄,并在上中下 3 个部位分别选取 3 个果穗,剪取每个果穗中部果粒 20 粒,混合后用于品质的测定。同时采集 0~60 cm(间隔 30 cm)土壤样品,测定土壤硝态氮、速效磷、速效钾。

用 1/100 天平测定千粒质量;用酸度计测定 pH 值;手持糖度仪测定可溶性固形物;2,6-二氯酚靛酚滴定法测定还原性维生素 C;NaOH 滴定法测定可滴定酸。土壤硝态氮采用 KCl 浸提,TRACCS2000 型连续流动分析仪测定;速效磷采用碳酸氢钠浸提钼锑抗比色分光光度法;速效钾采用乙酸铵浸提火焰光度法。

1.4 节能减排潜力分析

根据田间试验中优化施肥处理与传统施肥处理的施肥量差异,可计算出采用优化施肥处理氮肥、磷肥、钾肥分别节约

了 31.6%、32%、29.1%。根据统计年鉴查出河北省葡萄种植面积,进而推算出采用优化施肥处理后河北省葡萄种植过程中氮、磷、钾肥比传统施肥处理节约了 25%~30%,具有极大的节能减排潜力。

根据曹仑等研究<sup>[11-14]</sup>,可得到生产 1 t 肥料的能耗及排放污染物的量,根据河北省葡萄种植面积可进一步计算出河北省葡萄种植区能源量节约 30%左右,与传统施肥模式相比污染物减少量也有大幅度下降。根据统计年鉴查出全国葡萄种植面积,结合河北省葡萄在全国的种植比例,得出采用优化施肥后全国葡萄园节约能源量与污染物减少量。

2 结果与分析

2.1 河北省葡萄主产区施肥现状分析

河北省葡萄主产区果园肥料纯养分投入见表 3。鲜食与酿酒葡萄化肥养分投入量均高于有机肥投入量,氮投入量均高于磷、钾,酿酒葡萄总养分投入量高于鲜食葡萄。根据葡萄丰产园资料,我国北方葡萄园施 N 用量为 187.5~225.0 kg/hm<sup>2</sup>,P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 用量为 150.0~187.5 kg/hm<sup>2</sup>,K<sub>2</sub>O 用量为 150.0~225 kg/hm<sup>2</sup><sup>[15]</sup>,调查结果,河北省葡萄主产区的氮磷钾养分投入明显偏高,N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O 分别高出标准 42.27%~182.86%、50.66%~112.45%、48.57%~80.80%。葡萄为喜钾果树,北方葡萄适宜的 N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O 为 1.40:1.0:2.1<sup>[13]</sup>,相对氮素投入来说,钾素投入比例偏低,鲜食葡萄 N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O 投入比例为 1.5:1.0:0.8,酿酒葡萄为 1.5:1.0:1.0。

调查发现,果农对有机肥施用情况不一致,鲜食葡萄种植户中的 73.21%施肥量低于 15 000 kg/hm<sup>2</sup>,酿酒葡萄种植户中的 46.00%施肥量超过了 45 000 kg/hm<sup>2</sup>。施肥方式不合理,90%以上的果农为浅穴或浅沟(5~10 cm)追肥,有机肥则平铺于地表。

表 3 种植户葡萄产量及养分投入量

项目	养分种类	鲜食葡萄	酿酒葡萄
产量(kg/hm <sup>2</sup> )		22 020.00±8 304.46	23 281.25±7 973.30
有机肥养分(kg/hm <sup>2</sup> )	N	268.72±108.68	538.64±207.53
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	216.59±91.42	403.98±155.65
	K <sub>2</sub> O	162.07±81.91	336.82±129.43
化肥养分(kg/hm <sup>2</sup> )	N	436.12±190.72	658.59±320.45
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	236.9±99.75	452.73±293.28
	K <sub>2</sub> O	213.46±110.19	490.91±315.75
总养分(kg/hm <sup>2</sup> )	N	636.44±239.42	905.47±476.68
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	398.35±163.47	600.16±427.86
	K <sub>2</sub> O	334.28±164.61	604.38±414.28

2.2 优化施肥对葡萄产量、品质及土壤养分的影响

2.2.1 产量和品质 从表 4 可以看出,优化施肥处理产量显著高于传统施肥种植,鲜食葡萄、酿酒葡萄分别增产 13.6%、

20.9%。除鲜食葡萄优化施肥处理维生素 C 含量显著高于传统施肥外,酿酒、鲜食葡萄其他品质指标差异不显著。表明优化施肥不仅显著提高了葡萄产量,而且葡萄品质没有下降,

表 4 不同施肥方式对葡萄产量及品质的影响

葡萄用途	处理	产量 (t/hm <sup>2</sup> )	千粒质量 (g)	pH 值	可溶性固形物 (%)	可滴定酸 (%)	固酸比	维生素 C (mg/100 g)
鲜食	传统施肥	35.18 b	11 434.09a	2.89a	16.19a	0.48a	34.28a	7.12b
	优化施肥	39.97 a	12 822.88a	3.25a	17.52a	0.54a	32.99a	8.87a
酿酒	传统施肥	29.25b	1 436.17a	3.30a	19.17a	0.84a	22.90a	10.73a
	优化施肥	35.35a	1 425.00a	3.19a	18.63a	0.91a	21.00a	10.73a

注:同列数据后不同小写字母表示差异显著( $P < 0.05$ )。

反而有小幅度提升。

2.2.2 土壤氮磷钾养分累积 从表 5 可以看出,硝态氮在 > 30 ~ 60 cm 土层均高于 0 ~ 30 cm,无论是传统施肥还是优化施肥,土壤中速效养分均有不同程度的累积,而且有向下层土壤迁移的趋势。传统施肥的施肥量高于优化施肥,在土壤中的累积量随着施肥量的增加而上升<sup>[16]</sup>。优化施肥处理下,鲜食、酿酒葡萄在 0 ~ 60 cm 土层的硝态氮累积量分别比传统施肥降低 26.79%、28.31%。

鲜食葡萄土壤中速效磷含量随土层深度增加呈增加趋势,而酿酒葡萄土壤中速效磷含量随土层深度增加呈减少趋势。优化施肥条件下,鲜食葡萄在 0 ~ 30 cm、0 ~ 60 cm 土层的速效磷累积量分别比传统施肥降低 19.04%、11.67%;酿酒葡萄在 0 ~ 30 cm、0 ~ 60 cm 土层的速效磷累积量分别比传统施肥降低 16.21%、11.64%。

传统施肥条件下,鲜食葡萄土壤中速效钾含量随土层深度增加呈增加趋势,而优化施肥条件下,鲜食葡萄土壤中速效钾含量随土层深度增加呈减少趋势,在 0 ~ 30 cm、0 ~ 60 cm 土层的速效钾累积量分别比传统施肥降低 5.98%、21.60%。无论是传统施肥还是优化施肥,酿酒葡萄土壤中速效钾含量随土层深度增加均呈减少趋势,在 0 ~ 30 cm、0 ~ 60 cm 土层的速效钾累积量优化施肥分别比传统施肥降低 13.06%、10.44%。

表 5 不同施肥方法对土壤养分累积量的影响

葡萄用途	处理	土层深度 (cm)	土壤养分(kg/hm <sup>2</sup> )		
			硝态氮	速效磷	速效钾
鲜食	传统施肥	0 ~ 30	269.64	275.90	1 012.30
		30 ~ 60	331.05	318.07	1 109.34
	优化施肥	0 ~ 30	193.44	223.38	951.73
		30 ~ 60	246.34	280.93	869.70
酿酒	传统施肥	0 ~ 30	286.21	217.55	1 043.39
		30 ~ 60	320.64	184.96	915.19
	优化施肥	0 ~ 30	199.98	182.28	907.13
		30 ~ 60	235.09	163.43	819.43

2.2.3 土壤氮素平衡 长期过量施用氮肥会使土壤氮素大量盈余,盈余氮素一部分残留于土壤中,后期被果树吸收利用,而另一部分氮素通过硝态氮淋溶、氨挥发和反硝化作用而损失,不仅降低氮肥利用率,而且污染环境<sup>[17]</sup>。从表 6 可以看出,传统施肥氮投入总量为 672.31 kg/hm<sup>2</sup>,氮支出总量为 195.52 kg/hm<sup>2</sup>,氮盈余量为 476.79 kg/hm<sup>2</sup>,氮平衡率为 243.85%;优化施肥氮投入总量为 465.20 kg/hm<sup>2</sup>,氮支出总量为 211.61 kg/hm<sup>2</sup>,氮盈余量为 253.59 kg/hm<sup>2</sup>,氮平衡率为 119.84%,较传统施肥均明显降低。

2.3 节能减排潜力分析

2.3.1 节肥潜力分析 从图 1 可以看出,传统施肥条件下

表 6 不同施肥方式的氮素平衡

项目	来源	传统施肥	优化施肥
N 投入(kg/hm <sup>2</sup> )	有机肥	330.00	198.00
	化肥	325.46	250.35
	降雨	10.05	10.05
	灌溉水	6.80	6.80
	合计	672.31	465.20
N 支出(kg/hm <sup>2</sup> )	果实移除	49.68	56.07
	枝条修剪	19.07	21.52
	叶片移除	56.19	63.42
	氨挥发损失	62.59	62.59
	淋溶损失	8.00	8.00
	合计	195.52	211.61
N 盈余(kg/hm <sup>2</sup> )		476.79	253.59
N 平衡率(%)		243.85	119.84

N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O 总养分投入量分别为 655.46、454.29、637.42 kg/hm<sup>2</sup>,优化施肥条件下 N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O 总养分投入量分别为 448.35、309.07、451.66 kg/hm<sup>2</sup>。优化施肥比传统施肥用肥量明显降低。经计算氮肥、磷肥、钾肥的节肥率分别为 31.59%、31.97%、29.14%;节约 N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O 养分量分别为 207.11、145.22、185.76 kg/hm<sup>2</sup>,折合成尿素(含 N 量 46%)、磷酸二铵(含 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 量 46%)、硫酸钾(含 K<sub>2</sub>O 量 50%),则分别为 450.24、315.70、371.52 kg/hm<sup>2</sup>。如果河北省葡萄实现合理施肥,节肥总量分别可达到尿素 5.98 万 t、磷酸二铵 4.19 万 t、硫酸钾 4.93 万 t。

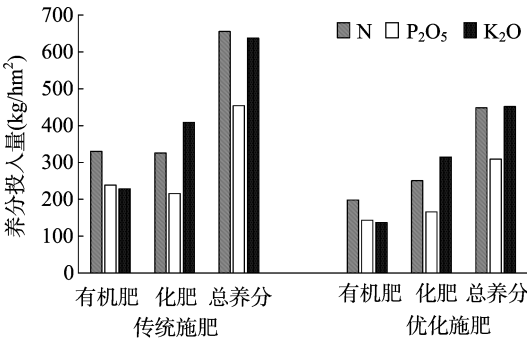


图1 不同施肥方式肥料投入量

2.3.2 氮肥合理施用条件下的节能减排潜力分析 从表 7 可以看出,在实现河北省葡萄合理施用氮肥的情况下,可减少施用 5.98 万 t 尿素,可减少标煤使用量 29.33 万 t,节电 735.54 万 kW·h,节氨 3.52 万 t,节约蒸汽 8.37 万 t,资源消耗用量显著降低。而氨氮、COD、SS(悬浮物)等严重影响水质的污染物及污水的减排量亦可明显下降。

2.3.3 磷肥合理施用条件下的节能减排潜力分析 农业生产中磷酸二铵仍是主要的磷源,但目前生产磷酸二铵的磷矿

表 7 河北省葡萄氮肥合理施用条件下的节能减排潜力分析

项目	生产 1 t 尿素		目	节约 5.98 万 t 尿素	
	来源	数量		来源	数量
资源消耗量 <sup>[11-13]</sup>	氨(kg)	588.0	资源消耗减少量	氨(万 t)	3.52
	蒸汽(t)	1.4		蒸汽(万 t)	8.37
	电(kW·h)	123.0		电(万 kW·h)	735.54
	标煤(kg)	4 904.3		标煤(万 t)	29.33
污染物排放量 <sup>[18]</sup>	氨氮(kg)	0.2~2.1	减少污染物排放量	氨氮(t)	11.96~123.69
	COD(kg)	0.6~4.4		COD(t)	35.88~259.16
	SS(kg)	0.4~2.9		SS(t)	23.92~170.81
	水(m <sup>3</sup> )	5.9~29.4		水(万 m <sup>3</sup> )	35.28~173.17

注:减少污染物的排放量按生产 1 t 尿素污染物排放量的平均值计算。

资源综合利用率仅为 40.1%,而我国磷矿资源并不丰富,已被国土资源部列为 2010 年以后的紧缺资源。从表 8 可以看出,在实现河北省葡萄合理施用磷肥的情况下,可以节约磷矿石资源消耗 5.03 万~10.48 万 t,节水 1.68 万 t,节煤 0.50 万 t,节电 126.96 万 kW·h,此外,还可以显著减少硫酸、磷酸、硫磺、合成氨以及蒸汽的消耗量,降低能耗;浪费的磷矿石资源减少量达 2.51 万~6.29 万 t,磷石膏、大气污染物以及蒸发排放的蒸汽量亦可显著降低,节能减排效益显著。

表 8 河北省葡萄磷肥合理施用条件下的节能减排潜力分析

项目	生产 1 t 磷酸二铵		目	节约 4.19 万 t 磷酸二铵	
	来源	数量		来源	数量
资源消耗量 <sup>[14][19-21]</sup>	磷矿石(t)	1.20~2.50	资源消耗减少量	磷矿石(万 t)	5.03~10.48
	硫酸(98%,t)	1.40~1.80		硫酸(98%,万 t)	5.87~7.54
	磷酸(t)	0.58		磷酸(万 t)	2.43
	氨耗(t)	0.12~0.25		氨耗(万 t)	1.70~3.60
	硫磺(t)	0.43		硫磺(万 t)	1.80
	蒸汽(t)	0.50~1.20		蒸汽(t)	2.10~5.03
	能耗(10 <sup>3</sup> MJ)	5.10~6.20		能耗(10 <sup>7</sup> MJ)	21.37~25.98
	水(t)	0.40		水(万 t)	1.68
	煤(t)	0.12		煤(万 t)	0.50
	电(kW·h)	30.30		电(万 kW·h)	126.96
污染物排放量 <sup>[20-21]</sup>	磷矿石资源浪费量(t)	0.60~1.50	减少污染物排放量	磷矿石资源浪费减少量(t)	2.51~6.29
	磷石膏(t)	2.00~2.50		磷石膏(万 t)	8.38~10.48
	大气污染物(m <sup>3</sup> )	4 000~6 000		大气污染物(km <sup>3</sup> )	0.17~0.25
	蒸汽量(t/h)	260.00		蒸汽量(万 t/h)	1 089.40
	水(m <sup>3</sup> )	5.90~29.40		水(万 m <sup>3</sup> )	24.72~123.19

2.3.4 钾肥合理施用条件下的节能减排潜力分析 合理钾素养分是河北省葡萄获得优质高产的关键。全球钾肥资源并不紧缺,但 93%的资源量和 89%的产量集中在加拿大、俄罗斯、白俄罗斯、德国、约旦、以色列 6 个国家,分布极不均衡<sup>[22]</sup>。我国钾肥资源极其紧缺,且钾矿资源集中的西北地区地下水资源紧缺,导致我国钾肥的对外依存度高达 60%<sup>[23]</sup>。一旦遇到国际环境和特殊国际重大事件,这些国家出于种种原因如果对中国“短供”的话,中国将被迫面临海外钾肥价格高得离谱的状况。所以生产中钾肥的浪费本身不仅关乎紧缺

资源的浪费和生产成本的增加,还直接关乎我国的战略安全和稳定。从表 9 可以看出,在实现河北省葡萄合理施用钾肥的情况下,可以节约氯化钾 10.03 万 t,节约硫酸 10.19 万 t,节水 5.91 万 t,节煤 3.45 万 t,节电 1 080 万 kW·h,此外还可以显著减少废水、烟尘、二氧化硫等污染物的排放。

3 结论与讨论

河北省葡萄主产区养分施用量过大,氮磷钾养分比例不协调,土壤养分累积量过大。根据我国近年来丰产园的资料,

表 9 河北省葡萄钾肥合理施用条件下的节能减排潜力分析

项目	生产 1 t 硫酸钾		目	节约 4.93 万 t 硫酸钾	
	来源	数量		来源	数量
资源消耗量 <sup>[24]</sup>	氯化钾(kg)	2 034.0	资源消耗减少量	氯化钾(万 t)	10.03
	硫酸(kg)	2 066.0		硫酸(万 t)	10.19
	电(kW·h)	220.0		电(万 kW·h)	1 080.00
	煤(kg)	700.0		煤(万 t)	3.45
	水(t)	1.2		水(万 t)	5.91
污染物排放量 <sup>[24]</sup>	废水(m <sup>3</sup> )	0.139 5	减少污染物排放量	废水(万 m <sup>3</sup> )	0.69
	烟尘(t)	0.001 8		烟尘(t)	88.74
	SO <sub>2</sub> (t)	0.002 3		SO <sub>2</sub> (万 t)	0.011
	HCl(kg)	0.205		HCl(t)	10.11

我国北方葡萄丰产稳产园施纯氮 187.5 ~ 225 kg/hm<sup>2</sup>、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 150 ~ 187.5 kg/hm<sup>2</sup>、K<sub>2</sub>O 150 ~ 225 kg/hm<sup>2</sup><sup>[15]</sup>, 与调查结果比较, 河北省葡萄主产区的氮磷钾养分投入明显偏高。相关研究表明, 北方葡萄适宜的氮: 磷: 钾比例为 1.4 : 1.0 : 2.1<sup>[13]</sup>。鲜食葡萄施氮过量, 施钾明显不足; 酿酒葡萄氮、钾投入均不足。从总体看, 河北省葡萄的氮、磷、钾养分投入量均较高, 比例不协调, 导致肥料利用率较低。此外, 由于施肥量高, 导致土壤中速效养分大量累积, 而且有向下层土壤迁移的趋势。土壤中硝态氮、速效磷、速效钾累积量过高, 不仅降低了肥料利用率, 而且容易发生挥发、淋溶造成环境污染<sup>[25]</sup>。基于合理施肥和科学提高肥料利用率的角度, 结合河北省葡萄种植面积, 优化施肥不仅可以显著降低生产成本, 而且可显著提高经济效益、生态效益和社会效益<sup>[26-28]</sup>。

本研究结果, 葡萄优化施肥比传统施肥可节约 N 207.11 kg/hm<sup>2</sup>、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 145.22 kg/hm<sup>2</sup>、K<sub>2</sub>O 185.76 kg/hm<sup>2</sup>, 折合节约 450.24 kg、磷 315.70 kg、硫酸钾 371.52 kg/hm<sup>2</sup>。截至 2014 年, 河北省葡萄种植面积已达 132.82 hm<sup>2</sup> 以上, 由此可以估算采用优化施肥, 节约尿素、磷酸二铵、硫酸钾分别为 5.98 万、4.19 万、4.93 万 t。化肥生产不仅消耗大量自然资源和能源, 还排放大量污染物质。由上述结果推算, 河北省葡萄种植区生产在资源消耗上可节约氮 5.22 ~ 7.12 万 t、蒸汽 10.47 万 ~ 13.40 万 t、电 3 035.46 万 kW·h、标煤 33.28 万 t、磷矿石 5.03 万 ~ 10.48 万 t、硫酸(98%) 12.62 万 t、水 7.59 万 t。在污染物排放方面, 可减少氨氮 11.96 ~ 123.69 万 t、COD 35.88 万 ~ 259.16 万 t、SS 23.92 万 ~ 170.81 万 t、磷石膏 8.38 万 ~ 10.48 万 t、大气污染物 0.17 ~ 0.25 km<sup>3</sup>、蒸汽量 1 089.40 万 t/h、水 60.69 万 ~ 297.05 万 m<sup>3</sup>。

根据国家统计年鉴, 2014 年河北省葡萄种植面积为 13.282 万 hm<sup>2</sup>, 占全国葡萄种植面积的 16.77%, 可以推算若在全国采取优化施肥的方式, 在资源消耗量方面, 可节约氮 31.13 万 ~ 42.46 万 t、蒸汽 62.43 万 ~ 79.90 万 t、电 1.81 × 10<sup>8</sup> kW·h、标煤 198.45 万 t、磷矿石 29.99 万 ~ 62.49 万 t、硫酸(98%) 75.25 万 t、水 45.26 万 t。在污染物排放方面, 可减少氨氮 71.32 万 ~ 737.57 万 t、COD 213.95 万 ~ 1 545.37 万 t、SS 142.64 万 ~ 1 018.54 万 t、磷石膏 49.97 万 ~ 62.49 万 t、大气污染物 1.01 ~ 1.49 km<sup>3</sup>、蒸汽量 6 496.12 万 t/h、水 361.89 万 ~ 1 771.31 万 m<sup>3</sup>。表明采用优化施肥方法节能减排潜力巨大。

#### 参考文献:

- [1] 中国农业年鉴编委会. 2010 中国农业年鉴[M]. 北京: 中国农业出版社, 2011.
- [2] 中国农业年鉴编委会. 2013 中国农业年鉴[M]. 北京: 中国农业出版社, 2014.
- [3] 河北省人民政府办公厅, 河南省统计局. 2014 河北农村统计年鉴[M]. 北京: 中国农业出版社, 2015.
- [4] Ju X T, Kou C L, Zhang F S, et al. Nitrogen balance and groundwater nitrate contamination: comparison among three intensive cropping systems on the North China plain[J]. Environmental Pollution, 2006, 143(1): 117 ~ 125.
- [5] Cao L, Pan X H, Li M B, et al. Developmental status quo and trends of low-carbon agriculture[J]. Asian Agricultural Research, 2013, 5(3): 94 ~ 99.
- [6] 王探魁, 张丽娟, 冯万忠, 等. 河北省葡萄主产区施肥现状调查分析与研究[J]. 北方园艺, 2011(13): 5 ~ 9.
- [7] 魏建林, 崔荣宗, 张玉凤, 等. 不同用量控释氮肥在葡萄生产上的施用效果[J]. 北方园艺, 2012(20): 156 ~ 158.
- [8] 赵翠芳. 葡萄测土配方施肥校正对比试验初报[J]. 安徽农学通报, 2011, 17(6): 34, 38.
- [9] 程杰山, 蒋爱丽, 奚晓军, 等. 不同施肥量对‘巨玫瑰’葡萄生长和果实品质的影响[J]. 中国农学通报, 2012, 28(25): 167 ~ 171.
- [10] 秦淑平, 韩国新, 王雪萍. 合理调控化肥农药施用有效促进农业节能减排[J]. 现代农业科学, 2008(11): 80 ~ 81.
- [11] 曹 仑. 我国氮肥产业的能耗状况和节能策略研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2007: 36 ~ 39.
- [12] 李志坚. 实施节能减排 促进化肥行业结构调整[J]. 中国石油和化工经济分析, 2007(19): 26 ~ 30.
- [13] 汪家铭. 氮肥行业节能减排实施目标与技术创新[J]. 化工管理, 2008, 36(5): 42 ~ 50.
- [14] 张卫峰. 中国磷矿资源开发利用及其对磷肥产业竞争力的影响[D]. 北京: 中国农业大学, 2005: 25.
- [15] 李淑玲, 何尚仁, 杨建国, 等. 葡萄营养与施肥[J]. 北方园艺, 2000(3): 19 ~ 20.
- [16] 孙 权, 王静芳, 王素芳, 等. 不同施肥深度对酿酒葡萄叶片养分和产量及品质的影响[J]. 果树学报, 2007, 24(4): 455 ~ 459.
- [17] 卢树昌, 陈 清, 张福锁, 等. 河北省果园氮素投入特点及其土壤氮素负荷分析[J]. 植物营养与肥料学报, 2008, 14(5): 858 ~ 865.
- [18] 国家环境保护总局, 国家质量监督检验检疫总局. 合成氨工业污水排放标准: GB 13458—2001[S].
- [19] 林 乐. 用科学发展观引导磷复肥工业健康发展[J]. 磷肥与复肥, 2004, 19(4): 1 ~ 5.
- [20] 马空军. 磷铵尾气减排与节能的清洁工艺研究[D]. 成都: 四川大学, 2006: 1 ~ 2.
- [21] 周学克, 念吉红. 云峰分公司磷酸二铵生产工艺特点[J]. 磷肥与复肥, 2012, 27(5): 24 ~ 28.
- [22] 孙爱文, 张卫峰, 杜 芬, 等. 中国钾资源及钾肥发展战略[J]. 现代化工, 2009, 29(9): 10 ~ 14, 16.
- [23] 王娜娜, 徐明岗, 甘良涛, 等. 我国南方地区钾肥使用及市场调查研究分析[J]. 中国土壤与肥料, 2012(2): 98 ~ 103.
- [24] 梁 龙. 基于 LCA 的循环农业环境影响评价方法探讨与实证研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2009.
- [25] Yang C H, Qiao Q C, Gu W B, et al. Development situations and countermeasures of low carbon ecological circular agriculture: case study of Nantong City[J]. Asian Agricultural Research, 2012, 4(12): 98 ~ 101.
- [26] 王亚坤, 王慧军, 杨振立. 成本收益视角下蔬菜种植户肥料施用结构影响因素及影响机理[J]. 江苏农业科学, 2016, 44(10): 549 ~ 553.
- [27] 韦彩会, 何永群, 曾向阳, 等. 施肥与耕作技术集成对木薯生长、产量及经济效益的影响[J]. 江苏农业科学, 2016, 44(8): 148 ~ 150.
- [28] Bennett D L, George R J. Environmental impacts and production effects of subsurface drainage at an intensive apple orchard near Donnybrook, WA [R]. Resource Management Technical Report, 2002.