

风沙土土壤的磷素状况及施磷对酿酒葡萄品质的影响

周涛,张富国,白国胜,惠开基

(宁夏农林科学院土壤肥料研究所,银川 750002)

摘要:系统研究了风沙土土壤的磷素状况对酿酒葡萄生长发育和品质的影响。结果表明,风沙土土壤中磷的形态特征是:无机磷占全磷的90%以上,无机磷中Ca-P约占90%以上,在Ca-P中Ca₁₀-P又占90%左右,施磷以后主要向Ca₂-P、Ca₈-P转化积累。土壤磷素活性(有效磷/全磷)的高低顺序为紧沙土>轻沙土>沙土。施磷对酿酒葡萄的生长发育和品质,包括百粒重、结果枝数、鲜重和含糖量等均有显著的影响。

关键词:风沙土;土壤养分;磷素营养;生物有效性;酿酒葡萄

Phosphorus Status of Sand Soil and Effects of Phosphorus Fertilization on Quality of Wine-grapes

ZHOU Tao, ZHANG Fu-guo, BAI Guo-sheng, HUI Kai-ji

(Institute of Soil and Fertilizer of Ningxia Academy of Agriculture-forestry Sciences, Yinchuan 750002)

Abstract: The status of phosphorus of sand soil and the effect of phosphorus application on yield and quality of wine-grapes was analyzed. The results showed that inorganic phosphorus accounted for above 90% of total soil phosphorus; Ca-P accounted for about 90% of inorganic phosphorus; and Ca₁₀-P accounted for about 90% of Ca-P. Phosphorus fertilizer transformed into Ca₂-P and Ca₈-P mainly. The phosphorus activity (available P/total P) was highest in: close-sand soil; followed by light sand soil. Sand soil showed lowest phosphorus activity. Applying phosphorus fertilizer increased the weight per 100 grains, fresh weight and quality of wine-grapes.

Key words: Sand; Soil nutrients; Phosphorus nourishment; Biology validity; Wine-grapes

宁夏地处西北干旱半干旱地区,随着农业产业化的推进,诸多企业进入这一地区从事种植业开发。实现本地区基地可持续发展的关键在于创造适宜的土壤条件,协调土壤供水供肥能力。本项目开展风沙土磷素资源特征与营养调控技术研究,将为风沙土地区磷素资源的高效利用和磷肥的合理施用提供科学依据。

1 材料与方法

试验设置于银川市西郊广夏酿酒葡萄基地,该基地是典型的荒漠草原地带,土壤属风沙土。

1.1 磷素在土壤中的消耗与积累

试验,分别为CK(对照)、P₀(下标数值为P₂O₅用量kg/ha,下同)、P₇₀、P₁₄₀、P₂₁₀、P₂₈₀、P₃₅₀,试验小区150m²(25m×6m),试验处理随机排列,重复3次,1997年测定原始土壤养分,1998、1999年重复进行该试验。肥料基施,追施各半。

1.2 土壤磷素有效性和施肥对磷素形态影响试验设计 试验设7个处理,分别为CK(对照)、NP(N₂₂₅P₂₂₅,下标数值为N、P₂O₅、K₂O或有机肥OM用量kg/ha,下同)、NK(N₂₂₅K₂₂₅)、PK(P₂₂₅K₂₂₅)、NPK(N₂₂₅P₂₂₅K₂₂₅)、1/2OM+1/2NPK(OM₁₅₀₀₀N_{112.5}P_{112.5}K_{112.5})、OM+NPK(OM₃₀₀₀₀N₂₂₅P₂₂₅K₂₂₅),试验小区150m²(25m×6m),试验处理随机排列,重复

收稿日期:2000-01-09

基金项目:宁夏回族自治区科学技术厅重点课题“酿酒葡萄营养调控与可持续发展研究”(98-03-16)

作者简介:周涛(1966-),男,重庆人,副研究员,博士,主要从事营养生态研究。Tel: 5044083; Fax: 0951-6084114; E-mail: nxsfj@public.yc.nx.cn

3次,1997年测定原始土壤养分,1998、1999年重复进行该试验。所有肥料均基施、追施各半。

1.3 营养元素对酿酒葡萄生长发育的影响 在施用等量氮、钾和微量元素基础上,幼苗施磷量为 P_0 、 P_{50} 、 P_{100} 、 P_{150} , 成龄植株施磷量为 P_0 、 P_{100} 、 P_{200} 、 P_{300} , 酿酒葡萄品种为霞多丽, 小区面积为 150 m^2 ($6\text{ m} \times 25\text{ m}$), 重复3次。期间测定植株生长状况, 在9月16日葡萄成熟后测定各处理果实产量, 并取样化验其品质。

1.4 分析方法 全磷采用 Na_2CO_3 碱熔, 钼锑抗比色法; 速效磷采用 Olsen 方法; 有机磷采用灼烧- $0.2\text{ mol/L H}_2\text{SO}_4$ 浸提法; 土壤无机磷分级采用顾益初、蒋柏藩《石灰性土壤无机磷分级的测定方法》^[1,2]; 其它分析按照《土壤农业化学常规分析法》进行。

2 结果与分析

2.1 沙土的磷素状况

本地区12个土壤的磷素分析表明, 全磷含量平均为 0.43 g/kg , 其中沙土为 0.35 g/kg , 轻沙土 0.44 g/kg , 紧沙土 0.54 g/kg ; 有效磷含量平均为 4.51 mg/kg , 其中紧沙土含量为 5.95 mg/kg , 轻沙土为 4.48 mg/kg , 沙土为 3.11 mg/kg 。而且分析看出土壤磷素状况与土壤有机质的变化一致: $Y = 2.4013 + 0.6163X$, $R = 0.9551^{**}$, (Y 为有效磷含量, X 为有机质含量); $Y = 0.3024 + 0.0411X$, $R = 0.9521^{**}$ (Y 为全磷含量, X 为有机质含量), 说明风沙土土壤磷状况对土壤肥力有一定的影响。为了进一步明确风沙土的供磷能力, 采用土壤有效磷 (P_a) 与全磷 (P_s) 的比值(磷活度%)来表示沙土磷素的有效性。从表可以看出, 磷的活度与有效磷含量变化大体一致。而且与土壤肥力状况相对应, 说明磷素活度指标在一定程度上综合反映了土壤的供磷能力。本地区沙土、轻沙土和紧沙土的磷素活度分别为 0.89 、 1.02 和 1.10% , 以紧沙土较高, 与王秋杰在潮土上的结论一致^[3]。

2.2 土壤磷的形态特征

风沙区土壤生态系统的磷素主要分有机态和无机态两大类, 分析结果(表1)表明, 沙土的有机磷含量很低, 仅为 35.09 mg/kg , 占全磷含量的 8.16% 。无机磷含量高达 360.97 mg/kg , 占全磷含量的 83.95% 。有机磷与土壤有机质含量呈显著的正相关(相关系数 0.917^{**}), 有机磷含量高低排序为: 紧沙土 > 轻沙土 > 沙土。土壤中无机磷形态组成是

以磷酸钙为主, $\text{Ca}_2\text{-P}$ 所占的比例最小, 平均为无机磷总量的 0.57% , 土壤中的绝对含量达 2.05 mg/kg ; $\text{Ca}_8\text{-P}$ 所占的比例最大, 为无机磷总量的 7.25% , 土壤中的绝对含量达 26.17 mg/kg ; $\text{Ca}_{10}\text{-P}$ 所占的比例最大, 平均为无机磷总量的 86.03% , 土壤中的绝对含量达 310.54 mg/kg ; Al-P 次之, 平均占无机磷总量的 3.83% , 土壤中的绝对含量为 13.82 mg/kg ; Fe-P 占无机磷总量的 1.32% , 土壤中绝对含量为 4.78 mg/kg ; O-P 最少, 占无机磷含量的 1.00% , 土壤中的绝对含量为 3.61 mg/kg 。

2.3 磷肥在风沙土土壤中的固定

磷肥固定率根据 $R = [A - (T - C)] / A$ 算出, 式中 R 指磷肥固定率(%), A 指土壤中施入的 P_2O_5 量 (mg/kg), T 指施磷处理土壤中测得的 P_2O_5 , C 指对照处理测得的 P_2O_5 (mg/kg)。表2结果表明: 磷肥施入风沙土土壤以后, 一昼夜内有 $16.9\% \sim 43.2\%$ 磷被固定。3~30d 固定率为 $18.5\% \sim 59.7\%$, 为缓慢上升阶段, 自此以后, 固定率上升趋于平缓; 一年半后磷的固定量分别为沙土 $31.3\% \sim 43.7\%$, 轻沙土 $36.2\% \sim 50.4\%$, 紧沙土 $54.1\% \sim 70.5\%$ 。磷固定强弱的顺序为: 紧沙土 > 轻沙土 > 沙土; 3种土壤均表现出磷肥用量与磷肥固定率呈明显相关。其它石灰性土壤上也有同样结果^[3,4]。以磷肥施入土壤半年的固磷量为例, 其关系式为:

$$\text{风沙土: } Y = 49.6 - 0.539X,$$

$$R = 0.958^{**} \quad F = 22.044$$

$$\text{轻沙土: } Y = 53.55 - 0.604X,$$

$$R = 0.877^* \quad F = 13.451$$

$$\text{紧沙土: } Y = 75.10 - 0.695X,$$

$$R = 0.905^* \quad F = 59.086$$

2.4 磷素在风沙土土壤中的消耗与积累

从表3可看出: 在对照和 70 kg/ha 处理中, 由于磷肥用量不足, 不能维持土壤中原有的磷素水平, 土壤平均损失 P_2O_5 34.31 kg/ha 和 4.34 kg/ha , 对照处理全磷平均下降 0.006 g/kg , 有效磷平均下降 0.59 mg/kg 。在每年均施用磷肥的情况下, 土壤中的磷素水平, 全磷及有效磷含量均有所增加, 全磷增加 $0.021 \sim 0.078\text{ g/kg}$, 有效磷增加 $0.24 \sim 4.21\text{ mg/kg}$ 。全磷和有效磷的消长与磷素收支量均呈显著相关, 全磷和磷素平衡的回归方程为: $Y = 0.01135 + 0.00064X$, $R = 0.963^{**}$ (Y 代表全磷消长, X 代表磷素平衡)。有效磷和磷素平衡的回归方程为: $Y = -0.34248 + 0.04446X$, $R = 0.9794^{**}$ (Y 代表有效

表 1 土壤磷素形态组成

Table 1 The constitute of forms of soil phosphorus

土壤 Soil sample	全磷 Total-P (g/kg)	有机磷 Organic-P (mg/kg)	速效磷 Available-P (mg/kg)	无机磷 Inorganic phosphorus (mg/kg)						合计 Total
				Ca ₂ -P	Ca ₈ -P	Ca ₁₀ -P	Al-P	Fe-P	O-P	
沙土 Sand	0.35	26.42	3.11	1.61	20.39	251.57	11.23	4.86	2.84	292.50
轻沙土 Light-sand	0.44	36.91	4.48	1.91	25.13	300.12	15.78	4.43	4.36	351.73
紧沙土 Close-sand	0.54	42.27	5.95	2.52	33.26	379.56	14.39	5.22	3.65	438.60
平均 Average	0.43	35.09	4.51	2.05	26.17	310.54	13.82	4.78	3.61	360.97

表 2 磷肥在沙土中的固定率进程

Table 2 The fixed course of phosphor fertilizer in sand (%)

土壤 Soil sample	施 P ₂ O ₅ 量 Applied P	24 小时 24 h	72 小时 72 h	7 天 7 d	15 天 15 d	1 个月 1 month	2 个月 2 months	6 个月 6 months	1 年 1 year	1.5 年 1.5 years
沙土 Sand	8	29.7	32.7	34.5	37.6	39.5	40.1	40.7	41.3	43.7
	16	21.3	23.6	27.2	31.8	36.2	37.7	39.2	40.7	43.1
	24	18.4	20.8	25.6	26.7	27.3	30.1	31.8	33.6	37.2
	32	16.9	18.5	21.3	22.9	24.0	25.6	26.4	27.5	31.3
轻沙土 Light-sand	8	32.8	38.1	39.5	41.1	41.9	45.7	47.1	48.6	50.4
	16	26.7	32.2	35.8	36.7	37.8	39.0	40.6	42.1	42.8
	24	23.7	28.6	31.4	33.1	33.9	34.7	35.1	35.9	36.2
	32	21.3	26.4	29.2	30.5	31.2	34.9	35.2	35.7	36.5
紧沙土 Close-sand	8	43.2	48.9	50.1	50.9	59.7	60.8	64.9	67.8	70.5
	16	35.4	41.7	43.5	44.2	53.6	54.7	57.5	61.6	63.3
	24	31.7	38.2	40.8	41.6	49.9	51.0	52.7	55.4	56.9
	32	28.6	35.7	39.6	41.1	48.2	51.4	51.7	52.3	54.1

表 3 风沙土种植葡萄 2 年后土壤磷素的变化(1997 ~ 1999)

Table 3 The change of soil phosphorus after two year planting

处理 Treatments	总施肥量 QTY of P (P ₂ O ₅ kg/ha)	植物取走量 P of plants (kg/ha)	磷素平衡 BAL of P (kg/ha)	全磷消长 Change of total-P (kg/ha)	有效磷消长 Change of available-P (kg/ha)
1	0	20.81	- 0.006	- 34.31	- 0.59
2	70	27.09	0.021	- 4.34	0.24
3	140	35.54	0.032	32.46	0.63
4	210	47.70	0.047	56.55	1.97
5	280	63.58	0.063	74.67	3.65
6	350	67.30	0.078	107.20	4.21
平均 Average	175	43.67	0.039	43.20	1.58

磷消长, X 代表磷素平衡)。由此可见,沙土全磷和有效磷的消长主要决定于磷素的收支平衡,与其他地区的研究结果一致^[5]。

2.5 施肥对风沙土土壤无机磷形态的影响

对肥效定位试验各处理土壤进行无机磷形态分级测定,结果表明(表 4),2 年后,不施肥的处理其各级形态无机磷的含量与土壤本底值无明显差异。而无 N 区(PK)处理,由于作物产量很低,被吸收取走的磷量当然很少,而 2 年后残留在土壤中的肥料磷

主要还是以 Ca₂-P、Ca₈-P 的形态存在,使这两种形态无机磷比对照分别增加将近 1.48 和 1.45 倍,在从绝对量来看,以 Ca₈-P 增加幅度最大,说明磷肥施入土壤以后,在相当长的时间里主要是向 Ca₈-P 转化。另外,Al-P 和 Fe-P 也有不同程度的积累,有少量的磷甚至向 O-P 转化。但 Ca₁₀-P 没有明显变化,说明施入土壤的磷肥也不可能在短期内转化成磷灰石,刘建玲在栗钙土上也有同样结果^[4]。

表 4 试验 2 年后土壤无机磷形态的变化

Table 4 The change of P form of soil after two year experiment(mg/ kg)

时间 Time	处理 Treatments	无机磷 Inorganic P (mg/ kg)						总量 Gross P	全磷 Total P
		Ca ₂ -P	Ca ₈ -P	Ca ₁₀ -P	Al-P	Fe-P	O-P		
1997	原始土 Original soil	2.14	28.7	296.2	16	4.4	43	390.40	440
	CK	1.98	27.31	296.1	14.6	3.9	41.7	385.69	432
	NP	2.37	33.81	296.4	18.7	5.6	44.8	401.68	451
1999	NK	2.04	28.1	290.7	15.1	4.0	42.1	382.04	436
	PK	3.17	41.5	298.4	19.8	7.1	45.7	415.67	472
	NPK	2.41	37.9	298.1	18.5	6.3	44.3	407.51	459

2.6 施肥对风沙土土壤有效磷的影响

有效磷含量的动态变化与磷肥用量和作物吸磷量有很大关系。从 NPK 处理中,在中上水平的施肥条件下,试验第 1 年有效磷很快从 4.48 mg/kg 增加到 5.64 mg/kg,但此后有效磷变化不大,仅增加到 5.87 mg/kg,说明在当前这种施肥条件下,土壤有效磷只能在低水平上保持相对平衡,只有增加磷肥的投入,才能进一步提高土壤有效磷的含量。另外,如果化肥和有机肥配合施用或大量施用有机肥则可较快增加土壤有效磷含量。在 PK 处理中,2 年间共施入肥料 P₂O₅ 450kg/ha,由于氮肥缺乏,植株生长受抑,地上部分从土壤中带走的 P₂O₅ 不多,大部分磷将残留在土壤中,其中有相当部分仍以有效状态存在,使土壤有效磷由原来 4.48 mg/kg 提高到 8.25 mg/kg。可见,要提高土壤有效磷含量,主要靠两种措施,一是增加化学磷肥用量,二是化肥和有机肥配合施用^[6]。

表 5 土壤有效磷分析结果

Table 5 The analyzed result of valid phosphorus of soil(mg/ kg)

处理 Treatments	CK	NP	NK	PK	NPK	1/2 OM+1/2 NPK	OM+ NPK
1997 原始土 Original soil	4.48						
1998	4.11	5.28	4.39	6.17	5.64	6.77	7.69
1999	3.84	5.52	4.01	8.25	5.87	7.19	10.24
消长 Change	-0.64	1.04	-0.47	3.77	1.39	2.71	5.76
年增减 Change/ year	-0.21	0.35	-0.16	1.26	0.46	0.90	1.92

表 6 磷素对酿酒葡萄生长发育与品质的影响(4 年生)

Table 6 The effect of nutrients to growth of wine grapes

品种 Variety	处理 Treatments	鲜重 Fresh wt. (t/ ha)	果穗重 Ear wt. (kg/ ear)	株产 Trunk yield (kg)	百粒重 Weight per 100 grains (g)	含糖量 Content of sugar (%)	总酸度 Total acidity (%)
赤霞珠(干红) Red wine grapes	P ₀	9.72	0.24	12.3	133.7	13.9	0.60
	P ₁₀₀	14.22	0.29	16.5	149.1	18.4	0.54
	P ₂₀₀	18.72	0.32	21	183.4	21.7	0.52
	P ₃₀₀	16.38	0.36	23.9	216.5	23.4	0.48
霞多丽(干白) White wine grapes	P ₀	8.64	0.21	10.9	115.2	12.8	0.62
	P ₁₀₀	11.34	0.26	14.6	131.5	16.4	0.58
	P ₂₀₀	16.56	0.3	19.8	168.9	18.9	0.56
	P ₃₀₀	15.38	0.34	21.2	204.6	20.7	0.51

2.7 磷素对酿酒葡萄生长和品质的影响

从表 6 可看出,磷素对于不同品种酿酒葡萄鲜重、果穗重、株产、百粒重等均有明显影响,主要是由于磷素影响到花芽的分化^[7,8],从而影响到产量,磷素在其它植物营养中也有同样结论^[7]。表 6 可看出,磷素施用量提高可使酿酒葡萄含糖量增加,而使总酸度降低。主要是由于磷素利于碳水化合物的形成、积累和运转,可加强养分的储藏和积累^[8]。而且通过变异系数(标准差与平均数相比而得的系数)分析磷素对于对鲜重等不同性质的变量的变异程度^[9],即可以得到磷素对其的影响大小(表 7)。结果看出,磷素对于酿酒葡萄产量与品质特征的影响依次为:株产>鲜重>百粒重>含糖量>果穗重>总酸度。对于不同品种而言,磷素对于霞多丽的产量与生物性状影响较大,而对于赤霞珠的品质影响较为明显。

表 7 酿酒葡萄产量和品质特征的变异系数

Table 7 The coefficient of variation of yield and quality of wine grapes

品种 Variety	鲜重 Fresh wt. (t/ha)	果穗重 Ear wt. (kg/ear)	株产 Trunk yield (kg)	百粒重 Weight per 100 grains (g)	含糖量 Content of sugar (g)	总酸度 Total acidity (%)
赤霞珠(干红) Red wine grapes	25.95	16.72	27.64	21.65	21.63	9.35
霞多丽(干白) White wine grapes	28.17	20.04	28.61	25.77	19.90	8.06
平均 Average	27.06	18.38	28.13	23.71	20.77	8.71

3 结论

土壤磷素状况与土壤有机质的变化一致,说明风沙土土壤磷状况对土壤肥力相关。风沙土土壤磷的活度在 0.79~1.11 之间,土壤磷素活性高低的顺序为:紧沙土>轻沙土>沙土。

无机磷盐是风沙区植物所能利用的土壤磷素的主要磷形态,且土壤中无机磷形态组成是以磷酸钙为主的类型。

磷固定强弱的顺序为:紧沙土>轻沙土>沙土。

在每年均施用磷肥的情况下,土壤中的磷素水平,全磷及有效磷含量均有所增加。全磷和有效磷的消长与磷素收支量均呈显著相关。

随着施肥量的增加, $\text{Ca}_2\text{-P}$ 、 $\text{Ca}_8\text{-P}$ 、 Al-P 和 Fe-P 有不同程度的增加,有少量的磷甚至向 O-P 转化,但 $\text{Ca}_{10}\text{-P}$ 没有明显变化。

References:

- [1] Jiang B F. Studies on availability of P in calcareous soil. *Soils*, 1992, 24(2):61-64.(in Chinese)
蒋柏藩. 石灰土壤无机磷有效性的研究. *土壤*, 1992, 24(2):61-64.
- [2] Li Y K. Conventional Analytical Method in Soil and Agrochemistry. Beijing: Science Press, 1983: 95-108.(in Chinese)
李酉开. 土壤农业化学常规分析法. 北京:科学出版社, 1983:

95-108.

- [3] Wang Q J, et al. Character of phosphorus supply and response to phosphoric fertilizer in sandy soils. *Acta Pedologica Sinica*, 1996, 33(4):366-372.(in Chinese)
王秋杰,等. 沙土供磷特征及磷肥效应研究. *土壤学报*, 1996, 33(4):366-372.
- [4] Liu J L, et al. Transformation of applied phosphorus and yield response of naked oat to P fertilizer in chestnut soil. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 1996, 2(3):206-211.(in Chinese)
刘建玲,等. 栗钙土中磷肥转化及效应的研究. *植物营养与肥料学报*, 1996, 2(3):206-211.
- [5] Liu W G, et al. Transformation of phosphorus conformation and effect of fertilization time in calcareous soil. *Chinese Journal of Soil Science*, 1993, 24(4):154-157.(in Chinese)
刘文革,等. 磷肥在石灰性土壤中的形态转化及施用时间对肥效影响. *土壤通报*, 1993, 24(4):154-157.
- [6] Wang H K, et al. The P-supplying capacity of soils of different levels of fertility and the efficiency of P fertilizer. *Chinese Journal of Soil Science*, 1999, 30(1):31-34.(in Chinese)
王宏凯,等. 不同肥料土壤的供磷能力和磷肥肥效研究. *土壤通报*, 1999, 30(1):31-34.
- [7] Shi R H. Principle of Plant Nourishment. Nanjing: Jiangsu Science and Technology Press, 1989: 324-342.(in Chinese)
史瑞和. 植物营养原理. 南京:江苏科学技术出版社, 1989: 324-342.
- [8] Soil and Fertilizer Institute of China Academy of Agriculture Science. Fertilizer in China. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 1994, 672-677.(in Chinese)
中国农业科学院土壤肥料研究所. 中国肥料, 上海:上海科学技术出版社, 1994:672-677.
- [9] Tong Y Z. Biological Statistical Method. Changsha: Hunan Science and Technology Press, 1987: 53-61.(in Chinese)
童一中. 生物统计法. 长沙:湖南科学技术出版社, 1987:53-61.