风沙土酿酒葡萄基地磷素资源特征与生物有效性

周涛^x, 杨文^y, 白国胜^x, 于振环^z

^{oxu} 宁夏农林科学院土壤肥料研究所, 宁夏银川 $\Delta\beta\alpha\alpha\chi; \gamma u$ 宁夏农林科学院科研处; ^z u 宁夏酿酒葡萄研究中心

摘要 H 应用化学分析、吸附试验和生物诊断方法, 系统研究了风沙土磷的有效性和利用率。结果表明, 土壤磷素活性高低的顺序为: 紧沙土 Δ 轻沙土 Δ 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 $I\kappa - \phi$ 所占的比例最大。磷固定强弱顺序为: 紧沙土 Δ 轻沙土 Δ 沙土, 对各处理土壤进行无机磷形态分级测定表明, 磷肥施入土壤以后, 在相当长的时间里主要是向 $I\kappa - \gamma - \phi, I\kappa - E - \phi$ 转化, $\Xi - \phi$ 和 $T\sigma - \phi$ 也有不同程度的积累。提高土壤有效磷含量主要靠增加化学磷肥用量和有机无机肥配合施用。

关键词 H 风沙土; 磷素资源; 生物有效性

中图分类号 $H\beta\chi\chi$ 文献标识码 $H\Xi$ 文章编号 $H\tau\alpha\alpha\upsilon - \upsilon\gamma\Gamma\Delta\circ\gamma\alpha\upsilon\tau\upsilon\chi - \tau\alpha\upsilon\gamma z - \tau\alpha\Delta$

$\alpha\varphi\sigma$ $P\varphi\zeta^6\zeta^6\pi\theta\sigma\tau^7\beta\tau$ $\phi\varphi\tau^3\tau^4\varphi\beta\tau^6\tau^7$ $\rho\sigma\tau^3\tau^9\tau^6\pi\sigma$ $\xi^2\rho\chi^7$ $O\chi^3\xi^0\xi\chi^0\xi\sigma\chi^0\chi^6\beta$

$\beta\tau^2\delta\varphi\sigma$ $s\beta\chi^0$ $\Upsilon\tau^6\beta\tau^1\tau^2$ $\delta\chi^2\sigma - \Upsilon\tau^6\xi^4\sigma\tau$ χ^2 $\vartheta\chi^2\upsilon^2\chi^2$

$\eta\Phi\phi\beta$ $\alpha\xi^3\tau^x$, $\zeta\Xi\vartheta\Upsilon$ $\delta\sigma^2\gamma$, $O\Xi X\Upsilon\theta^3\mu\varphi\sigma^2\upsilon^x$, $\zeta\beta$ $\eta\varphi\sigma^2\mu\theta^9\xi^2^c$

$ox.X\epsilon^7\tau^8\chi^9\theta^8\sigma\beta\tau$ $s\beta\chi^0\xi^2\rho$ $T\sigma^8\chi\chi\sigma^6\beta\tau$ $\vartheta\chi^2\upsilon^2\chi^2$ $\Xi\pi\zeta\rho\sigma^1\beta\tau$ $\Xi\upsilon\theta\chi\tau^9\theta\theta\theta\theta\theta$ $-T\beta\sigma\sigma\tau^8\theta\beta$ $s\pi\theta\sigma^2\pi\sigma$ $s\zeta\chi^2\pi\theta^9\xi^2$ $\Delta\beta\alpha\alpha\chi\pi\varphi\chi^2\xi^0$

$\gamma\upsilon\vartheta\chi^2\upsilon^2\chi^2$ $\Xi\pi\zeta\rho\sigma^1\beta\tau$ $\Xi\upsilon\theta\chi\tau^9\theta\theta\theta\theta\theta$ $-T\beta\sigma\sigma\tau^8\theta\beta$ $s\pi\theta\sigma^2\pi\sigma$ θz , $\alpha\varphi\sigma$ $\rho\sigma\tau^3\sigma\zeta^6\pi\varphi$ $\Pi\sigma^2\tau^8\sigma^6\beta\tau$ $\delta\chi^2\sigma - \Upsilon\tau^6\xi^4\sigma\tau$ $\beta\tau$ $\vartheta\chi^2\upsilon^2\chi^2\rho$

$\Xi\theta^7\theta^6\zeta^6\pi\theta$ $H\alpha\varphi\sigma^0\zeta^0\chi\theta\theta^6$ $\xi^2\rho$ $\xi^0\xi\chi^0\xi\sigma\chi\chi^6\beta$ $\beta\tau$ $4\varphi\beta\tau^4\varphi\beta\tau^6\tau^7$ χ^2 $\tau^2\rho\beta$ $\tau^3\chi^0$ $1\xi^7$ $\tau^3\tau^8\sigma^1$ $\xi^0\chi\tau^5\theta^0\beta$ $\tau^8\theta$ $\rho\chi\sigma\rho$ $9\tau^7\chi^2\upsilon$ $\pi\varphi\sigma^1$ $\chi\tau^5\theta$ $\xi^2\xi^0$

$\tau^3\chi^0$ $s\sigma\chi^0$ $-\xi^0\tau^7\beta\tau^6\tau^4\theta\chi^2$ $\beta\tau^8$ $\xi^2\rho$ $o\chi^3\theta^3\upsilon\chi\tau^5\theta$ $\rho\chi^2\upsilon^2\beta\tau^7\sigma$ $u\alpha\varphi\sigma^6\sigma\tau^9\theta\theta\tau^7$ $\tau\varphi\beta\tau^1$ $\sigma\rho$ $8\varphi\zeta^8$ ξ^2 $\beta\tau^6$ $\rho\sigma^0$ $\beta\tau$ $o\chi^0$ $\xi^0\pi\theta^6\beta$ $\beta\tau$ $4\varphi\beta\tau^4\varphi\beta\tau^6\tau^7$ χ^2

$\tau^6\sigma\zeta^7\sigma\rho$ $8\beta\upsilon\sigma^8\varphi\theta$ $1\chi^6\varphi$ $8\sigma^2\theta\theta\theta\theta\theta$ $s\xi^2\rho$ χ^2 $\beta\tau^6\upsilon\zeta^2\chi\tau$ $-4\varphi\beta\tau^4\varphi\beta\tau^6\tau^7$ $\xi^0\xi\chi^0\xi\sigma^0\sigma$ $\tau^3\beta$ $4\theta\zeta^2\theta\tau^7$ $1\xi\chi^2\theta^3$ χ^2 $8\varphi\sigma$ $\tau^2\rho$ $\tau^3\chi^0$ $s\theta\varphi\sigma^0\sigma^9\tau^8\beta$

$I\kappa - \phi$ $1\xi^7$ $1\xi\theta^6$ $4\theta\beta\tau^4\beta\tau^6\theta\chi^2$ $u\alpha\varphi\sigma$ $\tau\sigma^3\theta\sigma^2\pi\sigma$ $\beta\tau$ $4\varphi\beta\tau^4\varphi\beta\tau^6\tau^7$ $o\beta\tau^2\rho$ 8β $\tau^3\chi^0$ $1\xi^7$ $H\beta\chi\upsilon\theta$ $-1\xi^2\rho\beta$ $\Lambda^0\chi\upsilon\theta$ $-1\xi^2\rho\beta$ $\Lambda^7\xi^2\rho\beta$ u

$\alpha\varphi\sigma$ $o\sigma\tau^9\theta\theta$ $\beta\tau$ $\rho\sigma^8\sigma^1$ $\chi^2\chi^2\upsilon$ χ^2 $\beta\tau^6\upsilon\zeta^2\chi\tau$ $-4\varphi\beta\tau^4\varphi\beta\tau^6\tau^7$ $\tau^3\beta\tau^1$ χ^2 $8\varphi\sigma$ $\tau^3\chi^0$ $\tau\varphi\beta\tau^1$ $\sigma\rho$ $8\varphi\zeta^8$ $4\varphi\beta\tau^4\varphi\beta\tau^6\tau^7$ $1\xi\chi^2\theta^3$ 8θ $\xi^2\tau^7\theta\zeta^8\sigma\tau^7$ 8β $I\kappa - \gamma$

$-\phi, I\kappa - E - \phi, \Xi - \phi$ $\xi^2\rho$ $T\sigma - \phi$ $\rho^9\theta\chi^2\upsilon$ $o\beta\tau^2\upsilon$ $-\chi^1\sigma$ $\zeta^6\tau^6\theta^6$ $8\varphi\sigma$ $\sigma\sigma^1$ $\sigma^2\theta$ $1\xi^7$ χ^2 $\pi\beta\tau^6\tau^4\beta\tau^6\zeta^8\sigma\rho$ uX $1\xi^3$ $o\sigma$ $\tau^9\upsilon\upsilon\sigma\tau^8\sigma\rho$ $8\varphi\zeta^8$ 8β

$\chi^2\tau^6\sigma\zeta^7\sigma$ $8\varphi\sigma$ $\xi^0\xi\chi^0\xi\sigma^0\sigma$ $4\varphi\beta\tau^4\varphi\beta\tau^6\tau^7$ χ^2 $\tau^3\chi^0$ $s\chi^6$ χ^1 $4\sigma\tau^6\zeta^8\chi^0$ σ 8β $\chi^2\tau^6\sigma\zeta^7\sigma$ $o\beta\tau^8\varphi$ $4\varphi\beta\tau^4\varphi\beta\tau^6\tau^7$ $-\tau\sigma^8\chi\chi\sigma^6$ $\xi^2\rho$ $\beta\tau^6\upsilon\zeta^2\chi^0$ 1

$-\tau\sigma^8\chi\chi\sigma^6$ $8\beta\upsilon\sigma^8\varphi\theta$ u

$\Omega\sigma^1$ $1\beta\tau^6$ $\rho\tau$; $H\xi^2\rho$; $4\varphi\beta\tau^4\varphi\beta\tau^6\tau^7$ $o\sigma\tau^3\tau^9\tau^6\pi\sigma$; $o\chi^0\theta^3\upsilon\beta$ $o\zeta^0\chi\theta\theta^6\beta$

目前,我国土地沙化面积 z Δw 万 $\varphi^1\gamma$ 。如何防止沙漠化并积极开发利用风沙土资源已成为举世瞩目的问题。宁夏地处西北干旱半干旱地区,这一问题尤为突出。本项目开展风沙土磷素资源特征与营养调控技术研究,以期对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。

x 试验材料和方法

xw 试验区概况

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。气候温暖干旱,年均温 $\Delta^{\circ}C - Z^{\circ}C$, 年降水量 $\gamma\alpha\omega - z\beta w^1\beta$ 。土壤属于风沙土,已有微弱的生物作用,土壤有机质有一定的积累,但养分含量极低。表土具有 $z\omega\pi^1$ 或大于 $z\omega\pi^1$ 的 比较松散的沙土层。

xw 试验设计

$xw\omega$ 土壤磷素有效性和磷素形态变化试验设计见表 x 所示。试验小区 $x\beta w^1\gamma o\gamma\beta^1$ $\times\Gamma^1\beta$, 试验随机排列,重复 z 次, $xZZZ\Delta$ 年测定原始土壤养分, $xZZE$ 、 $xZZZ$ 年进行该试验。葡萄品种为白诗南。所有肥料均基施、追施各半。

xw\omega 营养元素对酿酒葡萄生长发育的影响

试验施用等量氮、磷和微量元素基础上,在幼苗施磷量分 ϕ_w 、 $\phi_{\beta w}$ 、 ϕ_{xw} 、 ϕ_{zw} , 成龄植株施磷量为 ϕ_w 、

收稿日期 $H\tau\alpha\alpha\upsilon - \upsilon\chi - \tau\alpha Z$

基金项目 H 宁夏科委重点课题,宁夏酿酒葡萄、枸杞产业化基地营养特征及施肥技术体系研究

作者简介:周涛 $xZ\Gamma\Delta - \rho$, 男,博士,宁夏农林科学院土壤肥料研究所副研究员。

表x 土壤有效磷变化试验设计(ω · φ¹⁻⁷)

αξ⁰σ⁰ x Σ² 4σ⁰χ¹ σ²8 ρσ¹χ² 3τ πφξ² υσ³ τ ξ⁰ ξ⁰ξ⁰σ⁴ φ³ 7 4 φξ³σ⁴ χ² 8 φσ⁷ 3 7

Table with 8 columns: 处理, ΠΩ, ∂φ, ∂Ω, φΩ, ∂φΩ, φε, +∂φΩ, x/yφε, +x/y∂φΩ. Rows include ∂, φ, Ω, and 有机肥 treatments.

表y 土壤化学成分分析

αξ⁰σ⁰ y α φσ π³ 2 7 8 χ⁹ σ² 8 3 τ π φ σ¹ χ¹ ξ⁰ σ¹ σ² 8 7 χ² 8 φ σ⁷ 3 7

Table with 5 columns: 土壤, 有机质, 速磷, 全磷, 磷活度. Rows include 沙土, 轻沙土, and 紧沙土.

φ_{x1aw}, φ_{y1aw}, φ_{z1aw}, 小区面积为xBv¹ y(Γ¹ × yB¹), 重复z次。期间测定植株生长状况, 在Z月xΓ日葡萄成熟后测定各处理果实产量, 并取样化验其品质。

xuyw 土壤农化基本性质按照《土壤农业化学常规分析法》进行, 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》^[12]。

y 结果分析

yw 沙土的磷素状况

本地区xy个土壤的磷素分析(表y)表明, 全磷含量平均为wAεv · ω⁻¹。以下同ρ, 有效磷AuBεv · ω⁻¹。其中紧沙土含量较高, 分别为wBAεv · ω⁻¹和BiZBεv · ω⁻¹; 细沙土次之, 分别为wAAεv · ω⁻¹和AuAEεv · ω⁻¹。而且可以看出土壤磷素状况与土壤有机质的变化一致, 说明风沙土土壤磷素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(φ^ε)与全磷(φ^γ)的比值(磷活度%)来表示沙土磷素的有效性。从表y可以看出, 磷的活度与速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。本地区土壤磷的活度在wAεv-xwεx之间, 土壤磷素活性高低的顺序为: 紧沙土>轻沙土>沙土, 与王秋杰在潮土上的结论一致^[12]。

yuy 土壤磷的形态

风沙区土壤的磷素主要分有机态和无机态两大类, 土样的分析结果表明, 沙土的有机磷含量很低, 仅为wAεBv · ω⁻¹, 占全磷含量的EwA%。无机磷含量高达wAεZBv · ω⁻¹, 占全磷含量的ZxwZ%。有机磷与土壤物理性粘粒和有机质含量呈显著的正相关, 相关系数分别wAεZA*和wAεZxΔ**, 说明沙土有机质磷含量高低受土壤质地和有机质含量的影响, 有机磷含量高低的排序为: 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的类型。IE-φ所占的比例最大, 平均为无机磷总量的ZεwEB%, 土壤中的绝对含量一般达wAεzEΓv · ω⁻¹, E-φ次之, 平均占无机磷总量的zEγ% , 土壤中的绝对含量为wAεzEγv · ω⁻¹, Tσ-φ占无机磷总量的xwεz%, 土壤中绝对含量为wAεwAEv · ω⁻¹。φ-φ最少, 仅占无机磷含量的wAεZ% , 土壤中的绝对含量仅为wAεzEΓv · ω⁻¹。

ywε 磷肥在沙土中的固定过程

磷肥固定率根据φKθE-oα-ΠρκvE算出, 式中φ指磷肥固定率% , E指土壤中施入的φ_yφ_B量(v · ω⁻¹), α指施磷处理土壤中测得φ_yφ_B, Π指对照处理测得的φ_yφ_Bv · ω⁻¹ρ。结果o表zρ表明: (x) 磷肥施入沙土以后, 一昼夜内大约有xΓwZ% AεwΔ%磷被固定。z-zwρ固定率大约为yxw%—

表z 磷肥在沙土中的固定率进程(%)

αξ⁰σ⁰ z α φσ τχ² σρ εξ³χ⁷ 3τ 4 φ³ 7 4 φ³ 6 τ³ 8 8 χ² σ⁸ χ² 7 ξ² ρ³ 7 3 7 0 %φ

Table with 11 columns: 土壤, 施φ_yφ_B量, yAφ, Δyφ, Δρ, xBρ, x个月, y个月, Γ个月, 一年, 一年半. Rows include 沙土, 轻沙土, and 紧沙土.

1 $\nu \cdot \omega \nu^{-1}$ 表 $\Gamma\rho$ 。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¹⁷。

表 Γ 土壤有效磷分析结果(1 $\nu \cdot \omega \nu^{-1}$)

$$\alpha \xi_0 \sigma \Gamma \alpha \varphi \sigma \pi^3 28 \sigma 287^3 3 \tau \xi_0 \xi_0 \xi_0 \sigma_4 \varphi^{3.74} \varphi^{3.697} \chi^2 7.3 \chi^2$$

处理	$\Pi\Omega$	$\vartheta\phi$	$\vartheta\Omega$	$\phi\Omega$	$\vartheta\phi\Omega$	$\phi\epsilon$	$x/y\phi\epsilon + \vartheta\phi\Omega$
$xZZ\Delta$ 年原始土	$AuAE$						
$xZZE$ 年	$Auxx$	$ByyE$	$AuxZ$	$\Gammaux\Delta$	$Bi\Gamma A$	$\Gamma u\Delta\Delta$	$\Delta u\Gamma Z$
$xZZZ$ 年	$z uEA$	$BiBy$	$Auxx$	$EuyB$	$BiE\Delta$	ΔuxZ	$xuyyA$
消长	$-w\Gamma A$	$xuxA$	$-wux\Delta$	$z u\Delta\Delta$	$xuxZ$	$y u\Delta x$	$Bi\Gamma\Gamma$
年增减	$-wuyx$	$wuxB$	$-wux\Gamma$	$xuy\Gamma$	$wu\Gamma\Gamma$	$wuZw$	$x uZy$

表 Δ 营养元素对酿酒葡萄生长发育的影响(四年生)

$$\alpha \xi_0 \sigma \Delta \alpha \varphi \sigma \pi \tau \sigma \pi^3 7^3 3 \tau 2^9 8 6 \chi \sigma 287^3 3 2 8 \varphi \sigma \nu^6 3 1 8 \varphi 3 \tau 1 \chi^2 \sigma -\nu^6 \xi_1 \sigma_1$$

处理	干红 赤霞珠 ρ						干白 霞多丽 ρ					
	鲜重 $\rho \cdot \varphi_1^{-1}$	果穗重 $\rho\omega$	株产 $\rho\omega$	百粒重 ρ	结果枝率 $\rho\%$	病果率 $\rho\%$	鲜重 $\rho \cdot \varphi_1^{-1}$	果穗重 $\rho\omega$	株产 $\rho\omega$	百粒重 ρ	结果枝率 $\rho\%$	病果率 $\rho\%$
ϕ_w	BuA	$wuyA$	$xuy\epsilon$	$xxz u\Delta$	$\Delta u\Gamma\Gamma$	$z Au\gamma$	AuE	$wuyx$	$xuxZ$	$x yByy$	ΓEux	$z Bu\epsilon$
ϕ_{xuv}	ΔuZ	$wuyZ$	$x\Gamma uB$	$xxZux$	$\Delta Bu\epsilon$	$yEu\Delta$	$\Gamma u\epsilon$	$wuy\Gamma$	$x Au\Gamma$	$xx x uB$	$\Delta y ux$	$z wu\Gamma$
ϕ_{yuv}	Zux	$wuxy$	$yx uv$	$x Bz uA$	$EuxA$	$y\Gamma uA$	$E u\Gamma$	$wuxw$	$x ZuE$	$x Ax uZ$	$\Delta \Delta u\Gamma$	$y\Gamma uZ$
ϕ_{zuv}	$xuxA$	$wux\Gamma$	$yz uZ$	$x\Gamma AuB$	$EBuZ$	$y y\epsilon$	Zuy	$wuxA$	$yx uy$	$x BA u\Gamma$	$Ez ux$	$yz uy$

表 E 营养元素对酿酒葡萄品质的影响

$$\alpha \xi_0 \sigma E \alpha \varphi \sigma \pi \tau \sigma \pi^3 7^3 3 \tau 4 \varphi^{3.74} \varphi^{3.697} \chi^2 7.3 \chi^2 3 2 5 9 \xi_0 \chi^3 3 \tau 1 \chi^2 \sigma -\nu^6 \xi_1 \sigma_1$$

处理	干红 赤霞珠 ρ					干白 霞多丽 ρ				
	含糖量/ $\%$	总酸度/ $\%$	含酸量 $\rho \cdot \partial^{-1}$	酒精/ $\%$	出汁率/ $\%$	含糖量/ $\%$	总酸度/ $\%$	含酸量 $\rho \cdot \partial^{-1}$	酒精/ $\%$	出汁率/ $\%$
ϕ_w	$xx uZ$	$wu\Gamma\Delta$	Γux	ZuE	$By uA$	$x y uE$	$wu\Gamma y$	ΓuB	$E u\Delta$	$By uB$
ϕ_{xuv}	$xEuA$	$wu\Gamma A$	BuZ	$x y uB$	ΓEuy	$x\Gamma uA$	$wuBE$	Γuy	$xuxB$	$\Delta\Gamma uE$
ϕ_{yuv}	$yx u\Delta$	$wu\Gamma y$	BiB	$x Bu\Gamma$	$\Gamma \Delta ux$	$xEuZ$	$wuB\Gamma$	BiE	$xx ux$	$\Delta \Delta u\Gamma$
ϕ_{zuv}	$yz uA$	$wuBE$	Byy	$x \Delta uy$	$\Gamma Z u\Delta$	$ywu\Delta$	$wuBx$	BuA	$x Au\Gamma$	$E x uy$

结论

$z w$ 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有一定的影响。风沙土土壤磷的活度在 $wu\Delta Z-xuxx$ 之间,土壤磷素活性高低的顺序为:紧沙土 Δ 轻沙土 Δ 沙土。

$z uy$ 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。风沙土区土壤不但 $\Pi E-\phi$ 对土壤供磷有一定的意义,而且磷酸铝、磷酸铁也可以作为速效磷的来源。

$z ux$ 磷固定强弱的顺序为:紧沙土 Δ 轻沙土 Δ 沙土。

$z uA$ 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。

$z uB$ 随着施肥量的增加, $\Pi E_y-\phi$ 、 $\Pi E_E-\phi$ 、 $\Xi-\phi$ 和 $T\sigma-\phi$ 有不同程度的增加,有少量的磷甚至向 $\phi-\phi$ 转化,但 $\Pi E_{xw}-\phi$ 没有明显变化。

$y u\Delta$ 磷素对酿酒葡萄生长和品质的影响

表 Δ 可看出,磷素对于酿酒葡萄百粒重、结果枝率、病果率和鲜重均有明显的影响,主要是由于磷素影响到花芽的分化¹⁸,从而影响到产量。而且随着施磷量增加,植株抗病性提高。磷素在其他植物营养中也有同样结论¹⁹。

表 E 可看出,磷素施用量提高可使酿酒葡萄含糖量、酒精和出汁率增加,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²⁰。

$z u\Gamma$ 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,而更经济有效的办法是化肥和有机肥配合施用。

参考文献

θ_{xc} 蒋柏藩 u 石灰土土壤无机磷有效性的研究 ρu 土壤 $sxZZy, syA(y)$: $\Gamma x-\Gamma Au$

θ_{yc} 李酉开 u 土壤农业化学常规分析法 $\epsilon \kappa u$ 北京 H 科学出版社 $sxZEz u ZB-xuEu$

θ_{zc} 王秋杰 s 等 u 沙土供磷特征及磷肥效应研究 ρu 土壤学报 $sxZZT^s z z(A) z \Gamma T-z \Delta y u$

θ_{Ac} 刘建玲 s 等 u 栗钙土中磷肥转化及效应的研究 ρu 植物营养与肥料学报 $sxZZT, sy(z), yu\Gamma-yuxx u$

θ_{Bc} 刘文革 s 等 u 磷肥在石灰性土壤中的形态转化及施用时间对肥效影响 ρu 土壤通报 $sxZZz, syA(A), xBA-xB\Delta u$

$\theta_{\Gamma c}$ 王宏凯 u 不同肥料土壤的供磷能力和磷肥肥效研究 ρu 土壤通报 $sxZZz, szu(x), z x z-Au$

$\theta_{\Delta c}$ 小林章 u 曲泽州译 u 果树营养生理 $\epsilon \kappa u$ 北京 H 农业出版社 $sx\Gamma AuAx-\Gamma xu$

θ_{Ec} 史瑞和 u 植物营养原理 $\epsilon \kappa u$ 南京 H 江苏科学技术出版社 $sxZZZu z yA-z Ay u$

θ_{Zc} 中国农业科学院土壤肥料研究所 u 中国肥料 $\epsilon \kappa u$ 上海 H 上海科学技术出版社 $sxZZA u \Delta y-\Gamma \Delta \Delta u$