

马铃薯施用磷肥技术研究

高 炳 德

(内蒙古农牧学院)

摘 要

本文介绍了马铃薯施用磷肥的技术, 其研究结果如下:

1. 相关性和校验研究表明, Olsen—P 是反映土壤供磷力的理想指标。其供磷力低、中、高、极高的临界点 (ppm) 分别在2、5、12、40。与小麦的肥力指标并不相同。

2. 马铃薯磷肥利用率与土壤速效磷含量呈负相关。其回归方程为 $\hat{y} = 24.7 - 5.691\ln x$, $r = -0.567^{**}$ ($n = 20$)。因土施磷是提高磷肥利用率的决定性措施, 经过基础研究, 提出了一个估产测土确定磷肥用量的便查表。

3. 磷作基肥(种肥)优于追肥。其利用率提高10%, 产量提高13~17%, 每亩纯收益增长17元。

4. 施肥部位以全层集中穴施(或条施)效果最优, 全面撒施效果最差, 利用率相差7%, 每亩纯收益相差26.9元。

5. 氮磷配合, 腐磷混施分别可提高利用率8%、3%。氮磷配合的相互作用因土壤而异。低肥力土壤有每亩93公斤的正连应效果, 中肥力土壤无连应, 高肥力土壤出现负连应。腐磷混施有每亩40~45公斤的正连应效果。

前 言

对于马铃薯的磷肥施用技术, 如合理确定施肥量、施肥期、施肥部位, 与其他肥料的配合等, 在许多国家已经有了较深入的研究, 近年来正向定量化、标准化努力。我国是世界上重要的马铃薯生产国, 对其营养特性与施肥技术却研究不多。近年来, 我们针对这一课题开展了较系统的研究。本文主要阐明: 土壤磷素丰缺指标; 测土施用磷肥; 磷肥施用期、施用部位; 磷肥与其他肥料的配合等。为马铃薯施肥定量化、标准化提供理论和技术依据。

试验条件和研究方法

研究工作是采用田间多年、多点试验, P^{32} 示踪试验、室内化学分析测定和生物统计相结合的方法进行的。在确定土壤磷丰缺指标时, 首先对 Olsen—P 进行了相关性研究和校验研究, 之后, 采用国际上通用的方法对速效磷进行5级分级。应用估产测土定肥法测土施用磷肥。应用田间试验和 P^{32} 示踪结果对施肥期、施肥部位、施肥方法进行综合评价。

田间试验在呼和浩特平原井灌区进行, 生育期中在现蕾期浇水1次。供试土壤的速

效磷(P)含量在5~50ppm之间, 高低相差10倍。土壤全氮在0.08~0.18%的范围。供试品种同薯8号。供试磷肥有普钙、三料磷肥、磷二铵等。

结果与分析

一、土壤磷素的丰缺指标

土壤磷素丰缺指标是指导因土施磷的重要依据。现将多年、多点磷肥试验结果和土壤速效磷(Olsen-P)测定值列于表1。

(一) Olsen-P 是反映土壤供磷力的

理想指标

相关分析表明, 土壤速效磷含量与马铃薯无磷区产量、吸磷量间呈极显著的正相关。土壤速磷(x)与无磷区产量(y_1)间的回归方程为:

$$\hat{y}_1 = -123 + 15391nx$$

$$(r = 0.867^{**} \quad n = 20)$$

与吸磷量(y_2)间的回归方程为:

$$\hat{y}_2 = -0.079 + 1.211nx$$

$$(r = 0.867^{**} \quad n = 20)$$

经对土壤速效磷与磷肥效应间的相关分

表 1. 马铃薯在不同土壤上的磷肥效应

土壤速效磷 (p)	NPo	NPg	无磷区吸磷(p)量 (公斤/亩)	增产量 (公斤/亩)	增产率 (%)	相对产量 (%)	利用率 (%)
28	5760	6120	2.27	180	6.3	94	8
23	5760	5400	2.27	-180	-6.3	107	0
43	5462	5126	2.15	-168	-6.1	107	0
43	5530	5966	2.18	218	7.8	93	10
43	5686	5574	2.25	-56	-2.0	102	0
32	5658	5750	2.24	46	1.6	98	2
32	5154	5490	2.04	168	6.5	94	8
18	3241	3309	1.28	34	2.1	98	1.5
18	3240	3978	1.28	369	22.8	81	17
18	3697	3726	1.46	14	7.8	99	1
6	2705	3684	1.09	489	36.2	73	22
6	3400	3900	1.34	250	14.7	87	11
6	3837	4258	1.51	211	11.0	90	10
43	6750	7232	2.67	241	7.2	94	17
5	2440	3300	0.96	430	35.2	74	24
5	1220	1650	0.48	215	35.2	74	20
6	2907	3360	1.15	226	15.6	87	10
6	2964	3564	1.17	300	20.2	83	14
18	3300	3450	1.31	75	4.5	96	3
18	3841	3900	1.52	30	1.5	98	1

析表明, 土壤速效磷与相对产量(y_3)之间呈极显著的正相关, 其回归方程为 $\hat{y}_3 =$

$$102e^{\frac{-1.38}{x}} \quad (r = 0.808^{**}).$$

与磷肥利用率

(y_4) 间呈极显著的负相关, 其回归方程为 $\hat{y}_4 = 24.7 - 5.69 \ln x$ ($r = -0.597^{**}$)。

以上相关性研究 (土壤测定值与无肥区吸肥量间的相关性) 和校验研究 (土壤测定值与肥料效应间的相关性)^[1] 表明, Olsen—P 是马铃薯理想的测土施用磷肥的化学指标。

(二) 土壤磷素丰缺指标的确定

根据土壤速效磷与相对产量的回归方程

式, 确定磷素丰缺指标是世界上通用的方法。按照国际上惯用的标准, 将相对产量为 50、75、90、98 相对应的土壤速效磷含量定为供磷低、中、高、极高的临界值。其 5 级分级指标列于表 2。看来, 马铃薯土壤磷的丰缺指标与小麦并不相同, 小麦低、中、高的临界值是 5、10、20^[2], 都高于马铃薯的 2、5、12。说明马铃薯对磷肥的效应较低。

表 2. 土壤磷素丰缺指标(马铃薯)

	极 低	低	中	高	极 高
相对产量 (%)	<50	50~75	75~90	90~98	>98
无磷区产量 (公斤/亩)	<500	500~1200	1200~1850	1850~2750	>2750
土壤速效磷 (ppm)	<2	2~5	5~12	12~40	>40
磷肥利用率 (%)	21	16~21	11~16	4~11	4
肥 效 评 价	极明显, 稳定	极明显, 稳定	明显, 欠稳定	不明显, 不稳定	极不明显, 不稳定

二、关于施肥量

确定施肥量有养分平衡法与田间试验法多种。现将估产测土施肥法确定的磷肥用量列于表 3。结果表明: 土壤速效磷含量在 10ppm 以上亩产指标在 1500 公斤以下、速效磷在 15ppm 以上亩产在 2500 公斤以下不必施

用磷肥; 产量指标相同时, 施磷量与速效磷含量呈负相关; 相同土壤条件下, 施磷量应随产量的提高而增加。应该注意, 产量指标不能随心所欲地确定, 而应该根据地力。表中斜线右方施肥量和对应的产量指标是目前条件下还不能达到的。

表 3. 估产测土施肥表(P₂O₅, 公斤/亩)

土壤速效磷 (ppm)	产 量 指 标 (公斤/亩)					
	1500	2000	2500	3000	3500	4000
2	9.2	13.7	\18.2	30.3	36.3	42.3
5	2.8	7.3	11.8	\21.8	27.8	33.8
10	0	5.1	7.0	15.4	21.4	27.4
15	0	0	3.1	10.2	\16.2	22.2
20	0	0	1.9	8.5	14.5	20.5
30	0	0	0	5.0	11.0	\17.0
40	0	0	0	2.1	8.1	10.6

三、施肥期

田间试验和 P³² 示踪试验一致证明, 磷肥作基肥 (种肥) 优于追肥。无论是普钙、

三料磷肥, 还是磷二铵都得出一致结论。

表 4 的田间试验结果表明, 磷作种肥 (每亩施 P₂O₅ 5~7 公斤) 比追肥平均每

亩增产29.6公斤,增收17.8元,增产16.5%。
磷肥利用率平均达14.3%,比追肥高10%。

P³² 示踪试验^[3] 证明,磷作基肥比追肥

增产13.3%,磷肥利用率提高10%。

表 4. 磷肥施用期对产量的影响(公斤/亩)

	高 产 田			一 般 田			平 均
对 照	4900	4842	4877	1290	2100	1800	3302
种 肥	6068	4900	5484	2250	3750	2610	4177
追 肥	4434	4842	4638	2190	3150	2250	3584
种 — 追	1634	58	846	60	600	360	593

$t = 2.44 > t_{0.10}, n = 6$

磷作种肥(基肥)优于追肥的原因是:
①种肥(基肥)促进根系发育和养分吸收。现蕾期根重测定表明^[3],种肥每穴1.5克,追肥仅0.75克,相差1倍。发达的根系又促进对水分养分的吸收,从现蕾到终花,基肥吸磷强度为每日每穴4.6毫克,而追肥仅有2.1毫克,终花到成熟,磷基吸磷强度为每日每穴2.5毫克,而磷追仅有0.25毫克^[3]。
②提高磷肥利用率10%左右,提高磷在体内

运转率8%左右^[3]。③磷是体内运转率、移动率最高的元素^[4],磷作基种肥,有利于磷反复利用,充分发挥作用。

应该指出,在缺磷土壤上,磷作追肥仍有8~16%的增产效果,达显著水平。因此,对于错过施用基种肥时机的低产田,磷作追肥亦可起到亡羊补牢之效。

四、施肥部位

(一) 表面撒施与集中穴施、条施

表 5. 施肥部位对肥效的影响

处 理	1982年 (公斤/亩)	1985年 (公斤/亩)	平 均	增 产 (%)	利用率 (%)	纯收入 (元/亩)
对 照	1100	733.5	917	0	—	—
表面撒施	1400	933.5	1167	27	7	14.2
集中穴施	1637.5	1233.5	1435.5	57	14	41.1

田间试验表明,表面撒施增产27%,磷肥利用率7%,每亩纯收益14.2元;而集中穴施增产57%,利用率14%,提高7%,每亩纯收益41.1元,提高26.9元。所以,从提高当季施肥的最大经济效益出发,集中穴施是行之有效的。

(二) 穴内全层分布与集中分布

对于一穴(15×15×15cm)来讲,将磷均匀地分布于5~15cm土层又优越于全部集中在5cm的部位。田间试验结果见表6。从增产率看,穴内全层分布增产66%,比穴内集

中提高42%,磷肥利用率20.5%,比穴内集中提高13%;纯收益每亩28.7元,比穴内集中多21.9元。穴内集中于种子周围,因土壤溶液浓度过高影响出苗,抑制幼苗生长。穴内全层分布则可避免肥害,也有利于整个生育期对磷的吸收。

(三) 深追优于表追

结合现蕾水追施磷肥。以穴追肥后培上。追肥深度是指培土前的深度。两年结果列于表7。深追比表面追肥的利用率、经济效益都有显著提高。

表 6. 施肥部位对磷肥肥效的影响

处 理	1 9 8 2 年			平 均	增 产 (%)	利 用 率 (%)	纯 收 入 (元/亩)
对 照	1290	2100	1800	1800	0	0	0
穴内集中 5 cm	1650	2820	1950	2140	24	7.4	6.8
穴内全层 5 ~15cm	2250	3750	2610	2610	66	20.5	28.7

$t = 6.817 > t_{0.05}$

处 理	1 9 8 5 年			平 均	增 产 (%)	利 用 率 (%)	纯 收 入 (元/亩)
对 照	2050	1400	1750	1733	0	0	0
穴内集中 5 cm	2850	1950	2600	2467	42	10	25.9
穴内全层 5 ~15cm	3100	2167	2900	2722	57	13	38.6

$t = 10.6 > t_{0.01}$

表 7. 追肥深度对磷肥效益的影响

处 理	1 9 8 2 年			1 9 8 0 年			平 均	增 产 (公斤/亩)	增 产 (%)	利 用 率 (%)	纯 收 入 (元/亩)
对 照	1290	2100	1800	2480	2250	1900	1970	0	—	—	—
表追 0 cm	2190	3150	2250	2500	2400	2100	2430	231	23	8.3	8.36
深追 6 cm	2350	3180	2460	2700	2660	2180	2588	309	31	11.1	13.04
深一表	160	30	210	200	260	80	157	78.5	8	2.8	4.64

$t = 4.44 > t_{0.01}, n = 6$

综上所述, 将磷肥深施在根系附近, 是提高其利用率与经济效益的措施之一。

五、其他增效措施

(一) 氮磷配合

氮磷配合是提高氮、磷肥肥效的重要措施之一。但是配合后的连应效果却因土壤肥力而不同。低肥力土壤(碱解氮 70ppm 左右、速效磷 5 ~ 6 ppm)氮、磷配合可取得 93公斤的正连应效果; 中肥力土壤(碱解氮 90ppm、速效磷 18ppm)连应不显著; 高肥力土壤有显著的负连应。足见, 氮磷配合不是无条件的。

氮肥对磷肥的增效作用在低肥力土壤上尤为显著(见表 8)。氮肥用量在每亩 10 公斤范围内, 磷肥肥效随氮肥配合水平的提高

而提高。在缺氮的情况下, 磷肥利用率、经济效益很低。配合氮肥 5 ~ 7.5 公斤后, 磷肥利用率提高到 11 ~ 17%, 每亩纯收益增加到 10.5 ~ 17.6 元。

P³²示踪试验获得相似结果。氮磷配合, 磷肥利用率可达 18%, 比单施磷提高 8%, 每公斤 P₂O₅ 增产 71 公斤, 比单施提高 39 公斤, 每亩纯收益 8.9 元, 比单施提高 6.9 元。

氮磷配合促进对磷的吸收, 总吸磷量比单施提高 37%, 其中肥料磷提高 63%, 土壤磷增加 27%^[3]; 促进茎叶生长, 防止生长中心过早转移^[5]; 延长绿叶存续时间, 促进淀粉累积期光合作用和养分的吸收。有关氮肥的其他作用本文不再赘述。

(二) 腐、磷混施

表 8. 氮肥配合水平对磷肥肥效的影响

施N水平	N ₀	N ₅	N ₁₀	N ₁₅	N ₂₀
N (公斤/亩)	1145	1540	1700	1620	1524.5
NP (公斤/亩)	1161	1600	1950	1984	1900
增产 (公斤/亩)	16	60	250	364	375.5
1 公斤 P ₂ O ₅ 增产 (公斤)	4	15	63	92	94
纯收益 (元/亩)	-3.54	-0.9	10.5	17.6	18.0
利用率 (%)	1	3	11	17	17

田间试验表明^[6]：腐殖酸肥料和磷肥混施，每亩可获45公斤的正连应效果，达 $P = 0.10$ 的显著水平；腐肥可使磷肥的增产率提高 14% 左右，利用率提高 4%，每公斤 P₂O₅ 增效 20 公斤左右。

P³² 示踪试验证明^[3]：腐、磷混施有每亩40公斤的连应，磷肥利用率提高 3%，增产率提高13%。

腐磷混施增效的原因是：促进磷的吸收^[3]，总吸磷量提高11%，其中肥料磷提高43%，土壤磷增加7%；块茎形成早，块茎形成期、块茎增长期块茎生长速度提高2.5~1.8倍；干重平衡期比单施磷提前3~4天，比对照提前12天。干重平衡期的提前意味着生长中心转移的提早；促进物质运转。在块茎干物质来源中，由茎叶转移部分平均占总量10.5%，而腐磷混施可达16%。

腐肥的原料可以是泥炭、褐煤，也可是风化煤。可以施用前临时混合。方法是：先将煤肥（用量每亩100~150公斤）加水湿润到手握成团掷之散碎的程度，然后加过磷酸钙或三料磷肥（数量根据土壤速磷含量而定，一般3~5公斤P₂O₅），混合后堆放1~2天即可。也可以混合后长期堆制。

讨 论

一、文本提出的施肥技术是以夺取肥料在当年（季）的最大经济效益为前提的。这种施肥有人称为“对作物施肥”^[1]。它是

别于“对土壤施肥”和“轮作制中施肥”的。在这一套施肥技术中，将磷肥以基种肥的方式分层（或全层）穴施（或条施）是发挥肥效的基础；保持养分平衡，因地制宜地采用氮磷配合、腐磷混施，与有机肥混施等是增进肥效的前提；根据土壤速效磷含量确定合理施肥量是提高肥料经济效益和利用率的关键；看苗追施磷肥（主要是根外）是施用磷肥的辅助手段。

二、关于施肥时期：从马铃薯对磷在一生中的需要量来讲，苗期占14%；块茎形成期30%；块茎增长期35%；淀粉累积期21%。最快吸收期是块茎形成期（每日每穴7.5毫克）^[4]。据此，自然地会得出块茎形成期是施用（追）磷肥的关键时期。这种论点在许多教科书中已有反映。但从磷肥的田间试验和 P³² 示踪试验反复证明，磷作基肥一次全层穴施，要比在磷的最快吸收期根部追肥好得多。看来，只根据作物一方考虑施肥期是片面的。还需要考虑营养元素在土壤、作物体内的移动性，作物对养分的吸收能力等。氮在土壤中主要靠质流迁移，移动速度快、距离远，在需氮的关键时期之前追施氮肥是很适宜的。磷在土壤中主要靠扩散迁移，移动速度慢，距离短，在需肥的关键时期前追肥并不能保证供给。当采用集中施深基肥的方法时却可满足其营养需要。钾肥也有相似情况。显然，对于磷钾来讲，最适施肥期并不一定是作物吸收磷钾的最快吸收期。

参 考 文 献

- [1] 周鸣铮译:《土壤测定与植物分析》, 农业出版社, 1982。
- [2] 高炳德: 测土施用磷肥的基础研究,《土壤通报》, 1985年, 第4期。
- [3] 高炳德、杨桂芬: 应用 P^{32} 示踪法对马铃薯合理施用磷肥的研究,《马铃薯》, 1983, 4。
- [4] 高炳德: 马铃薯营养特性的研究,《马铃薯》, 1984, 4。
- [5] 高炳德: 马铃薯的产量形成与环境条件,《马铃薯杂志》, 1986年, 第1期。
- [6] 高炳德、魏景云: 腐殖酸磷的肥效及增产增效机制的研究,《内蒙农牧学院学报》, 1982年, 第1期。

STUDY ON THE TECHNIQUE OF PHOSPHATE FERTILIZER APPLICATION IN POTATOES

Gao Bingde

(Inner Mongolia Agricultural and Animal
Husbandry College, Huhehot)

ABSTRACT

The technique of phosphate fertilizer application was described in this paper and the main results obtained were summarized as follows.

1. Olsen-P was an ideal index which reflected the status of phosphorus supply in soil. The low, middle, high and ultra-high critical points of phosphorus supply were 2, 5, 12, and 40 respectively, which were different from the index of fertility in wheats.

2. The utilization ratio of phosphate fertilizer in potatoes was negatively correlated to available phosphorus in soil. The regression function was $y = 24.7 - 5.69 \ln x$ and coefficient $r = -0.567^{**} (n=20)$. It was a critical measure that the different amount of phosphate fertilizer was manured according to different soil. A table was set up to determine the amount of manuring phosphate fertilizer by means of the available phosphorus in soil and yield targets in this paper.

