

厩肥和氮肥对红油土中供磷 状况的影响

张钟先 帅稼夫 张 卫 王 农

提 要

1961—1964年以武功头道塬的红油土进行了示踪试验,初步结果为:1.施用磷肥不仅可提供植物以大量可给态磷素,而且不影响植物对土壤磷的利用。2.厩肥富含磷素,它既能提供植物所需的磷素,又能以其所含的氮素和腐殖化有机质增进土壤供磷能力,但肥料磷的吸收量略有下降。3.配合施用氮肥后,植物对磷肥和土壤磷的吸收量均有增高。磷肥肥效的提高主要取决于间接的生物作用,而直接的化学作用仅局限于硫酸铵。

黄土区石灰性土壤中磷的贮量较为丰富,但其供磷能力却很差。据已有分析结果^[1]^[2],有效磷量一般仅占全磷的0.5—1%。同时在这些土壤上,作物对磷肥的利用率也比较低,一般当年仅能利用磷肥施用量的10—20%。因此,如何提高磷肥的有效性并进一步活化土壤中原有的贮备磷是解决土壤肥力问题的关键之一。

生产实践证明,伴随肥料能引起土壤中供磷能力的显著变化,其中以有机肥和氮肥的作用尤为突出。国内外在这方面曾进行过不少工作,并得到初步结果^[8-12]。我们于1961—1964年间应用同位素示踪法进行了厩肥和氮肥对红油土中磷素供应状况影响的盆栽试验。现将所得结果报告于后。

材 料 和 方 法

试验在盆钵中进行,供试土壤为武功头道塬的红油土(耕作层0—20cm),基本化学性质如表1所示。每钵分三层装土8kg,标记磷肥为过磷酸钙*,每公斤土壤施用169mg P_2O_5 ,标记强度为每盆约100 μCi 。厩肥为半腐熟骡马粪。每公斤土壤施用干重18克。氮肥分硫酸铵和硝酸钠两种,除氮肥试验中每公斤土壤施用40—100mg氮外,其余试验均施用20mg氮。钾肥为硫酸钾,每公斤土壤施用20mg氧化钾。氮钾肥以溶液状态,而标记磷肥和厩肥则以固体粉末与土壤均匀混合。

供试作物为6028冬小麦,每钵播种19株,隔离培养系移植预先培养的幼苗,每钵8

* 标记过磷酸钙的制备是把 Na_2HPO_4 水溶液与浓硫酸配成65.2%(比重1.56)的稀硫酸溶液,在60℃下逐渐加入磷酸三钙,并不断搅拌,经过2—8天“后熟”后,粉碎研细备用。

株。在整个生育期中土壤湿度保持田间最大持水量的60%（绝对湿度为25%）。

表1 土壤与肥料的基本农化性质***

样 品	有 机 质	pH	全 氮	全磷 $P_2O_5\%$	速效磷 $P_2O_5\%$ *	$CaCO_3$
土 样	0.710%	8.2	0.057%	0.164	0.0018	4.78%
厩 肥	—	—	—	1.3	—	
过磷酸钙	—	—	—	26	18**	

*以马契金法测得，**为水溶性磷，***部分数据为本所土壤地理组同志分析。

植物生长100天后收获取地上部分经烘干称重后研细，称取100毫克制样，在钟罩型盖革管下记数。并于湿灰化后用比色法测定植株和标记过磷酸钙的全磷量，以便换算出植株从土壤和肥料中吸收的磷量。

试验结果与讨论

（一）厩肥对土壤中供磷状况的影响

厩肥富含磷素，其有效性并不次于相应的无机肥料^[14,15]，因为它不仅能直接为植物提供足够的磷素；而且所含的氮素和腐殖化有机质亦可改善土壤的供磷状况。因此，研究厩肥的供磷能力确有其实际意义。

表2 在单施磷肥或厩肥下植株吸收磷的状况

处 理	植株干物重		植 株 含 磷 量						植株含 N 量	
	克/盆	%	含 磷 总 量		含示踪磷量		含非示踪磷量		N-mg/盆	%
			P_2O_5 mg/盆	%	P_2O_5 mg/盆	%	P_2O_5 mg/盆	%		
土壤+磷肥 (单施磷肥)	2.23 ± 0.05	165.0	27.3 ± 0.6	275.8	17.7 ± 2.3	—	9.6 ± 0.7	97.0	126.9 ± 3.6	206.0
土壤+厩肥 (单施厩肥)	2.23 ± 0.12	166.2	31.7 ± 2.0	320.2	—	—	31.7 ± 2.0	320.2	130.2 ± 3.0	211.4
土 壤 (未施厩)	1.34 ± 0.05	100.0	9.9 ± 1.7	100.0	—	—	9.9 ± 1.7	100	61.6 ± 3.5	100.0

1. 单施厩肥或过磷酸钙的效果：由表2数据可以看出，单施磷肥后小麦幼苗不仅从其中吸收了17.7毫克 P_2O_5 （相当施用量的2%，而且还吸收了9.6mg的土壤磷，其量接近不施磷的对照。这说明了本地区土壤中施用适量磷肥既能提供多量的速效磷素，促进小麦幼苗生长（干物重为对照的1.6倍），又不影响植株对土壤磷的利用。同时，还能

成倍地增进植株吸收土壤中氮素的能力。

同样的在单施厩肥时,植株的含磷总量也远高于不施肥的对照,虽然我们无法严格区分这些磷素的来源,但是无可否认,其中大多数的磷素是由厩肥直接提供的。因此,单从供磷能力的角度考虑,厩肥也确是一种比较理想的肥料。

2. 厩肥和过磷酸钙配合施用:在厩肥与磷肥配合施用的整个土壤—肥料体系内,植株吸收磷素的来源有三,即土壤、磷肥和厩肥。从表3中可以看出,当厩肥与磷肥配合施用,植株中含磷总量显著地增加,而且在我们试验条件下,其增大幅度随着厩肥用量的提高而变大。但示踪磷量却有明显的下降趋势。我们认为,这是由于大量易给态的厩肥磷素

表3 厩肥不同用量对植株吸收磷素的影响

处 理	植株干物重		植 株 含 磷 量					
	g/盆	%	含 磷 总 量		含 示 踪 磷 量		含 非 示 踪 磷 量	
			P ₂ O ₅ (mg/盆)	%	P ₂ O ₅ (mg/盆)	%	P ₂ O ₅ (mg/盆)	%
土壤 + 磷肥	3.718 ± 0.328	100.0	32.7 ± 7.3	100.0	15.3 ± 2.1	100.0	16.7 ± 3.9	100.0
土壤 + 磷肥 + 厩肥(20g/ kg±)	5.434 ± 0.213	146.1	43.2 ± 3.1	132.1	13.6 ± 0.8	88.9	29.6 ± 2.2	177.2
土壤 + 磷肥 + 厩肥(40g/ kg±)	4.744 ± 0.591	127.6	44.0 ± 6.6	134.6	12.9 ± 2.9	80.4	31.7 ± 3.9	189.8

稀释了磷肥在体系内相对含量,因而减弱了植株对它的吸收量。

由此可见,在本试验条件下配合施用厩肥能增高植株含磷量,这首先应归功于厩肥本身为植株提供了大量的速效磷素,但是,在该体系内存在大量可给态磷素的情况下,植株仍能从磷肥中吸取较多的示踪磷,这也不能否定有机肥料对磷肥肥效的增进作用。为了进一步证实这一点,我们布置了厩肥与磷肥的不同堆置方法试验。

3. 厩肥与过磷酸钙不同堆置方法对供磷的影响:如上所述,在施用厩肥后,它与土壤和磷肥之间会发生种种相互作用,因而也会引起该体系的供磷情况的变化。为此,我们进行了预堆置试验,结果如表4所示。

从表4可以看出,参与堆置的三组经过短时间的不同方法堆置后,供磷能力均有所增加。主要表现在植株含磷总量均比不堆置的对照高出28—42%,其中以厩肥参与堆置的两个处理尤为突出。显而易见,这是由于厩肥在参与堆置过程中继续腐熟分解,而使其所含磷素逐步矿化的结果。至于土壤与磷肥预先堆置时植株吸收的非示踪磷量也有所增高的原因,有待于我们进一步试验。

关于植株从磷肥中吸收示踪磷的情况,则表现如下的趋势:

在厩肥与土壤预先堆置的处理中,植株所吸收的示踪磷量略有增长。据我们推测,这可能是由于厩肥分解所形成的大分子有机化合物占据了土粒表面一定位置,因而减少

了土壤对磷酸离子的吸收作用。

同时, 这些有机化合物也能与土壤中多价金属离子起络合作用, 也相应地减弱了这

表4 厩肥与磷肥不同堆置对植株吸收磷的影响

处 理	植株干物重		植 株 含 磷 量					
	克/盆	%	含 磷 总 量		含 示 踪 磷 量		含非示踪磷量	
			P ₂ O ₅ mg/盆	%	P ₂ O ₅ mg/盆	%	P ₂ O ₅ mg/盆	%
土壤+厩肥 (堆置10天)+磷肥	2.089 ±0.076	104.8	54.5 ±0.2	136.6	16.4 ±0.3	107.9	38.1 ±0.5	154.0
厩肥+磷肥 (堆置10天)+土壤	2.288 ±0.071	114.7	56.5 ±3.5	141.6	15.5 ±0.6	102.0	41.0 ±2.8	166.0
土壤+磷肥 (堆置10天)+厩肥	2.148 ±0.147	107.7	51.0 ±4.8	127.8	14.7 ±1.0	96.7	36.3 ±4.0	147.0
土壤+磷肥+厩肥 (不堆置)	1.994 ±0.075	100.0	39.9 ±2.3	100.0	15.2 ±1.0	100.0	24.7 ±2.3	100.0

些离子对磷酸离子的化学沉淀作用^[11], 这从我们曾进行过的不同厩肥浸提液对土壤固定磷素的影响的室内试验结果亦可得到证实(表5)。

表5 经不同厩肥浸提液处理后土壤对磷的固定*

项 目	水	牛 粪		猪 粪		骡 粪		
		1mg/ml	2mg/ml	0.5mg/ml	1mg/ml	0.5mg/ml	1mg/ml	2mg/ml
被固定磷的相对 量(脉冲数/分)	161	139	116	147	158	156	145	133
固定百分率 (%)	46.1	39.1	33.3	42.1	45.3	44.7	41.5	38.1

* 罗贤安同志曾参加该项试验。

相反, 在土壤与磷肥预堆置的处理中, 由于土壤对磷酸离子的固定作用, 使磷素逐渐转化为难给状态。虽然亦曾施用厩肥, 但也不能释放已被固定的磷酸离子(表6)。所以植株的示踪磷量略有降低。

总之, 由于本试验的堆置时间过短, 作用结果还不很显著, 仅看出一些趋势, 作为今后进一步研究的参考。

(二) 氮肥对土壤中供磷状况的影响

氮肥对土壤中供磷能力的影响基本上分为生物作用和土壤化学作用两种^[11]。所谓生

表 6 不同厩肥浸提液对土壤中磷素的释放*

项 目	水	牛 粪		猪 粪		骡 粪		
		1mg/ml	2mg/ml	0.5mg/ml	1mg/ml	0.5mg/ml	1mg/ml	2mg/ml
提取液中可释放磷的相对量 (脉冲数/分)	34	33	24	40	33	36	34	27
占水对照的百分比 (%)	100	97	70.1	118	97	106	100	79

* 罗贤安、彭祥林同志曾参加该项试验。

表 7 硫酸不同用量对小麦吸收磷的影响

处 理	植物干物重		植 株 含 磷 量						植株含N量	
	克/盆	%	含磷总量		来自磷肥		来自土壤		N-mg/盆	%
			P ₂ O ₅ mg/盆	%	P ₂ O ₅ mg/盆	%	P ₂ O ₅ mg/盆	%		
土 壤	4.95	100.0	22.8±0.8	100.0	—	—	22.8±0.8	100.0	92.3±7.6	100.0
土壤+硫酸 (N—20mg/kg±)	6.73	136.0	29.9±1.4	131.1	—	—	29.9±1.4	131.1	180.0±3.4	195.0
土壤+磷肥 (无氮肥)	7.56	152.7	48.6±1.5	213.2	27.3±1.1	100.0	21.3±1.4	93.4	128.0 ±10.8	138.7
土壤+磷肥+硫酸 (N—20mg/kg±)	9.91	200.2	65.4±2.7	286.8	38.3±0.6	140.3	27.1±2.2	118.9	217.9 ±22.1	236.1
土壤+磷肥+硫酸 (N—40mg/kg±)	11.31	228.5	69.0±1.9	302.6	41.8±1.6	175.1	21.2±0.7	93.0	301.2 ±10.7	326.3
土壤+磷肥+硫酸 (N—70mg/kg±)	11.87	239.8	75.9±1.0	332.9	48.1±0.7	176.2	27.8±0.6	121.9	404.2 ±14.2	437.9
土壤+磷肥+硫酸 (N—100mg/kg±)	13.06	263.8	82.8±2.3	363.2	53.9±2.5	197.4	28.9±0.7	126.8	506.5 ±12.4	548.7

物作用即氮肥促进植物发育,增加根的吸收表面积和增强其吸收效能,而间接地提高其对磷素的吸收量。土壤化学作用指氮肥对土壤磷和肥料磷直接产生化学作用而提高其有效性。不同化学状态的氮肥对磷肥肥效的作用也显然不同^[16],这里我们选用两种不同性质的氮肥进行了以下的比较试验。

1. 氮肥对供磷状况的影响:表7中资料表明了石灰性土壤中氮磷的连应关系,即单施硫酸能使土壤的供磷量提高30%左右;而单施磷肥也能使土壤的供氮能力增加38%。当氮磷配合施用,随着硫酸用量的增大,植物吸收的总磷量均有较大幅度的增长。其中从磷肥中吸收的示踪磷量也随着施氮量的增高而加大(40—97%)。而土壤磷的吸收量则因有磷肥存在,其增大幅度不如单施硫酸的。因此,施用硫酸氮肥不仅可以促进植物对肥料磷的吸收利用,而且尚能改善土壤中磷素的供应情况。

2. 不同氮肥对土壤供磷能力的影响:硫酸是生理酸性肥料,它在石灰性土壤中可以增高磷肥的有效性,这是一般所认定的^{[16][12][11][9]}。至于生理碱性的硝酸钠对于磷肥效果的影响如何,目前说法不一。为此我们进行了两种氮肥的比较试验,结果如表8所示。从表8可以看出,施用了两种氮肥后,植株对土壤磷和肥料磷的吸收量均高于不施氮的对照,从增加的幅度来看,硫酸铵高于硝酸钠。由此可以认为,氮肥之所以能增进磷肥肥效,除了供氮的生理作用以外,还可能有直接的化学作用存在。

表 8 不同氮肥对小麦幼苗吸收磷素的影响*

处 理 (施氮量: 100mg/kg土)	植株干物重		植 株 含 磷 量					
	克/盆	%	含磷总量		来自肥料		来自土壤	
			P ₂ O ₅ -mg/盆	%	P ₂ O ₅ -mg/盆	%	P ₂ O ₅ -mg/盆	%
土壤+磷肥 (无氮)	8.32±1.12	100.0	62.5±9.8	100.0	36.5±4.8	100.0	25.9±5.1	100.0
土壤+磷肥+硫酸铵	15.29±0.14	183.9	98.2±8.6	157.1	61.4±9.3	168.2	36.8±1.3	142.1
土壤+磷肥+硝酸钠	12.12±0.47	145.7	84.2±5.9	134.7	53.8±4.9	147.4	30.4±1.1	117.4

为了进一步探求两种氮肥的作用机制,我们布置了隔离培养,试验在两分隔的搪瓷缸内进行,供试作物仍是冬小麦。结果如表9所示,从表9的处理中可以看出,小麦幼苗在处理I和处理II中的生长条件与营养条件均相同,所不同的是处理I的示踪磷与氮肥混合施用而处理II则是隔离开来,故两者之间示踪磷量之差值可代表硫酸氮肥的直接土壤化学作用,而处理II与处理V间的差值则可代表硫酸氮肥的间接生物作用。用同样方法亦可求得代表硝酸钠两种作用的示踪量。从试验结果看,氮肥的直接化学作用的数值显然偏高。这是由于在处理I、III中,氮肥与示踪磷混施的半盆内根系发育较无氮的另一半盆为好(根量超过一倍左右),从而促进对示踪磷的吸收。这也说明了氮肥明显的生物作用。但从两种氮肥的相对数值比较,硫酸铵的化学作用仍比硝酸钠显著。两种氮肥的生物作用则由于试验偏差,表现出硝酸钠优于硫酸铵。总之,本试验虽然没有达到

定量描述两种作用的预期目的,但仍可看出氮肥增进磷肥肥效的作用仍以间接的生物作用为主,硫铵的直接化学作用比硝酸钠强。

表9 不同氮肥与示踪磷肥混合或隔离施用的比较试验

处	理	地 上 部		根 部	
		克/盆	脉冲/盆	克/盆	脉冲/盆
I	土壤+磷肥*+硫铵	0.682 ± 0.015	8527 ± 102	0.40	2694
	土壤+磷肥			0.20	696
II	土壤+磷肥+硫铵	0.677 ± 0.001	3022 ± 131	0.50	477
	土壤+磷肥*			0.30	1083
III	土壤+磷肥*+硝酸钠	0.668 ± 0.04	7701 ± 817	0.52	2643
	土壤+磷肥			0.24	811
IV	土壤+磷肥+硝酸钠	0.738 ± 0.0005	3595 ± 72	0.54	730
	土壤+磷肥*			0.25	1105
V	土壤+磷肥*	0.278 ± 0.008	1742 ± 205	0.19	877
	土壤+磷肥			0.17	337

注:磷肥上带〔*〕号者代表示踪磷肥,否则为非示踪磷肥。

表10 厩肥与磷肥对小麦生长发育的影响

处	理	植 株 高		分 蘖 数		干 物 重		籽 粒 重	
		厘米	%	个	%	克/盆	%	克	%
幼 苗 期	土壤(不施肥)	17.8	100.0	0.4	100.0	1.26	100.0	—	—
	土壤+磷肥	19.9	111.8	2.5	625.0	2.04	161.0	—	—
	土壤+厩肥	18.6	104.5	2.5	625.0	2.13	168.7	—	—
成 熟 期	土壤(不施肥)	57.7	100.0	—	—	17.8	100.0	3.7	100.0
	土壤+磷肥	64.4	111.6	—	—	24.1	135.4	7.2	194.6
	土壤+厩肥	67.3	116.6	—	—	35.2	197.8	13.5	364.9

(三) 厩肥与磷肥对小麦生长发育的影响

本试验除了测定在不同培养条件下小麦幼苗对磷素的利用情况,而且还观察了厩肥和磷肥对小麦生长发育的反应,结果如表10所示。

表中资料看出,在红油土内施用厩肥或磷肥,可使小麦植株吸收磷量增大1—2倍。因而对小麦的生长发育有显著的增进作用,表现在分蘖和干物质积累量的增多,以及最后反映产量高低的籽粒重增加1—2倍,尤其厩肥对小麦后期生长发育的作用更为显著。

小 结

为了确定在石灰性土壤上施用磷肥的有效性以及配合施用厩肥和氮肥对土壤中供磷能力的影响,我们于1961—1964年采用武功头道塬石灰性红油土耕层进行了四次小麦同位素示踪试验,所得结果如下:

1. 在本地区石灰性土壤中施用磷肥不仅可提供植物以大量可给态磷素,而且不影响植株对土壤磷的利用。

2. 厩肥富含磷素,它既能提供植物所需的磷素,又能以其所含的氮素和腐殖化有机质增进土壤供磷能力,所以厩肥的肥效优于无机磷肥。

3. 厩肥与磷肥配合施用,植物从厩肥中吸收的磷量相当大,而肥料磷的吸收量略有下降;在本试验条件下,这种趋势随着厩肥用量的增加而愈加明显。

4. 肥料和土壤经过短时间的不同堆置后,供磷能力均有所提高,但对磷肥利用情况的差异还不很显著。

5. 配合施用氮肥(硫酸铵和硝酸钠)后,植物对磷肥和土壤中磷素的吸收量均有增高。而且在一定范围内它随着氮肥用量的加大而增加。

6. 两种氮肥与磷肥混合施用,对磷肥肥效的提高主要表现在间接的生物作用,而直接的化学作用则以生理酸性的硫酸铵较为明显。

参 考 文 献

- [1] 沈阳农学院:《农业土壤学》(上册),农业出版社,1961年。
- [2] B. A. 柯夫达:《中国之土壤与自然条件概论》,科学出版社,1960年。
- [3] 西北水保所茶坊试验点:川地黄绵土施用磷肥对小麦的增产效果,试验资料汇集(1973—1974年)。
- [4] 陈尚谨等:石灰性土壤施用磷肥肥效的研究,《中国农业科学》,1963年第1期。
- [5] 刘光松等:江苏省五种主要土壤的氮素供应状况和磷肥效的关系,《土壤通报》第11卷1963年第1期。
- [6] 中国科学院西北水保所土壤组:陕北黑垆土型熟化土与关中古耕普通黑褐土上冬小麦肥料试验初步报告,《土壤通报》1959年第2期。
- [7] И. В. Гулякин и др: влияние способов внесения суперфосфата и сопутствующих удобрений на использование фосфата растениями. Почвоведение, 1955, 7.
- [8] D. L. Grunes & others: proportionate uptake of soil and fertilizer phosphorus by plants as affected by nitrogen fertilization. I. Growth chamber experiment. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 1958. 22. 43—48.
- [9] D. L. Grunes & others: proportionate uptake of soil and fertilizer phosphorus by plants as affected by nitrogen fertilization. II. Field experiments with sugar beets and potatoes. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 1958. 22. 49—52.

- [10] D. L. Grunes, Effect of nitrogen on the availability of soil and fertilizer phosphorus to plants. *Advances in agronomy*. V. 11. p. 369—396.
- [11] J. D. Dalton & others, Effect of organic matter on phosphate availability. *Soil Sci.* 1952. 73, 173—181.
- [12] H. D. Chapman, Effect of nitrogenous fertilizers organic matter. Sulfur and colloidal silica on the availability of phosphorus in calcareous soils. *J. Amer. Soc. Agron.* 28, 135—145.
- [13] A. M. 库津:《农业研究中的示踪原子》,科学出版社,1956年。
- [14] Д. H. 普里亚尼施尼柯夫院士选集,《农业化学》,中国科学院土壤所译,1960年。
- [15] A. B. 索科洛夫:磷的农业化学,上海化工研究院译,1960年。
- [16] O. A. Lorenz & C. M. Johnson, Nitrogen fertilization as related to the availability of phosphorus in certain California Soils. *Soil Sci.* 1953. 75, 119—129.

Effect of Manure and Nitrogen Fertilizer on Supply of Phosphorus in Hongyou Soil

Zhang Zhongxian Shuai Jiafu

Zhang Wei Wang Nong

Summary Trace experiments have shown that:

1. Application of phosphatic fertilizer not only provided a great deal available phosphorus to plants, but also did not effect utilization of the soil phosphorus by plants.

2. Manure was able to provide phosphorus itself, at the same time enhanced the ability of supplying phosphorus from soils. But absorption of the phosphorus from fertilizer was reduced slightly.

3. Nitrogen fertilizer simultaneity promoted absorption of the soil and fertilizer phosphorus by plants. That was mainly depended on indirect biological function, and direct chemical function was only limited to $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$.

中国科学院西北水土保持研究所思想政治工作研究会正式成立

为探索新形势下研究所思想政治工作的规律和方法,中国科学院西北水土保持研究所于1987年7月正式成立了思想政治工作研究会。研究会通过民主选举产生了具有广泛代表性的理事会,党委书记万为瑞同志当选为会长,党委办公室主任赵宏兴、情报研究室副研究馆员李银钊当选为副会长。研究会已决定1987年度要做几件对全所思想政治工作有积极意义的学术活动。