

“以磷增氮”内因的探讨

浙江农业大学农业化学教研组

“以磷增氮”是我国广大劳动人民在长期的生产斗争和科学试验中创造出的先进经验。它不仅是利用豆科植物对难溶性磷吸收能力强的生理特点，而且又利用豆科植物具有固氮的能力。因此无论把它用作肥料或饲料，均能促进氮、磷营养物质在农业生产中的循环，从而提高了土壤肥力，增加了作物产量。综合各地资料，每亩紫云英施15—20斤磷肥，平均可以增加鲜草1000—1500斤，相当于生产16—24斤硫酸。这一先进经验在我国各地早已普遍推广应用，对于促进我国农牧业的发展，起了一定的作用。但是“以磷增氮”的原因，目前研究还不多，过去有人从豆科植物根阳离子代换量较大，对钙吸收能力较强的特点，阐明豆科植物能很好地吸收利用土壤中的磷。此外，豆科植物体内氮(N)：磷(P_2O_5)比较一般作物高。就是说，植株中氮的增加量比磷的增加量多。由于豆科植物吸收磷的能力较强，又有较高的氮磷比，所以磷肥对于豆科植物的固氮作用具有特殊的功效。

以上是从豆科植物的氮、磷含量和根的阳离子代换量较大这些具体事实，阐明“以磷增氮”的作用。但是“以磷增氮”的原因还必须从内因去找。毛主席教导说：“事物发展的根本原因，不是在事物的外部，而是在事物的内部，在于事物内部的矛盾性。”我们遵循这一原则，初步探索“以磷增氮”的内在原因。

一、试验方法

本试验分两个时期进行。第一次系于1964—1965年，选用浙江省衢县白泥田，第二次系于1974—1975年，用义乌红壤(母质为第四纪红土)，均采用盆栽试验。两种土壤肥力很低。白泥田*全氮量为0.079%，有效磷为1.8ppm，pH值6.06，土壤质地属粘壤；红壤全氮量0.072%，有效磷2.0ppm，pH值4.5，属壤质粘土。每盆装土14斤，用刚萌发的紫云英姜山种，每盆播20粒。红壤系生荒地，用根瘤菌38—D菌株接种；白泥田系低产水田，未接种。出苗后，每盆加无氮、磷的荷克兰和桑特(Hoagland和Snyder)完全营养液100毫升，11月中旬和12月中旬再分别施用150毫升和250毫升。所用浓度较原液高一倍。红壤酸性很强，每盆加石灰5克。到一月下旬增施氯化钾：白泥田每盆2.0克，红壤3.0克。磷肥用量分四级，即不施磷(P_0)、每盆施过磷酸钙相当于 P_2O_5 0.2克(P_1)、0.6克(P_2)和1.8克(P_3)，均在出苗后一周内施足。于生长早期，每盆定苗10株。平时定量灌水，喷药防治病虫。并于生长期取样分析叶片中含氮量和叶绿素含量以及植株中核糖核酸含量。根部测定根瘤重和根瘤中豆血红蛋白的含量。于盛花期收获，并测定整个植株全氮、全磷含量。氮用半微量克氏法测定，核糖核酸用阿格和若荪(Ogar—Rosen^[1])法，豆血蛋白用达根

* 白泥田土壤肥力系土壤农化系63年在衢县三口畈低产田调查的分析资料。

(Drabkin)溶液提取，离心后，于540毫微米波长测定，并用血中血红蛋白作标准计算^[2]。所有分析均重复一次，产量系五次重复，包括根重。最后从试验结果来探讨“以磷增氮”的内在原因。

二、磷肥对于紫云英生长和产量的影响

磷肥对于促进紫云英的生长和提高产量，无论在白泥田或红壤上均极显著(表1)。同时磷肥不仅可以促进紫云英地上部分生长，也能促进根系发育，但对地上部分生长的效果更为显著(表1)。

表1 磷肥对于提高紫云英产量的效果

处 理	株 高 (厘米)	分 枝 数	鲜 重 (克/盆)	干 重 (克/盆)	地 上 部 分 干 重
					根 干 重
衢 县 白 泥 田 (1965年)					
P ₀	19.3	1.3	20.0	2.7	未 测
P ₁	45.4	1.7	116.0	19.0	$\frac{16.0}{3.0} = 5.3:1$
P ₂	65.7	2.8	404.2	56.7	$\frac{51.3}{5.4} = 9.5:1$
P ₃	66.5	3.9	456.0	62.2	$\frac{57.0}{5.2} = 10.9:1$
义 乌 红 壤 (1975年)					
P ₀	23.3	1.2	20.1	2.5	$\frac{1.8}{0.7} = 2.6:1$
P ₁	74.4	1.9	228.5	31.5	$\frac{25.9}{5.6} = 4.6:1$
P ₂	82.8	2.9	567.9	77.0	$\frac{69.8}{7.2} = 9.7:1$
P ₃	84.2	3.1	622.0	83.7	$\frac{76.2}{7.5} = 10.2:1$

三、磷肥对于紫云英植株中核糖核酸含量的影响

关于磷肥对于紫云英的固氮作用，我们从根瘤菌和豆科植物两方面进行探讨。现已了解蛋白质的合成与核糖核酸有关。蛋白质的基本原料——氨基酸，需经活化，然后由转移核糖核酸(tRNA)将各种活化的氨基酸转移到核糖体上的信息核糖核酸(mRNA)分子上，最后在核糖体上合成蛋白质。试验指出，凡施用磷肥的，紫云英叶片和根部的核糖核酸含量均增多，而叶片中的增加量又较根部多(表2)。所以磷肥对紫云英地上部分的生长较根部显著(表1)。

由于叶片和根中核糖核酸含量增多，故有利于蛋白质的合成。试验结果指出，施用磷肥后，紫云英叶片和根中蛋白质-N，均有所增加；同时蛋白质-N/非蛋白质-N比率也增高(表3)。就是说，磷肥的施用可以促进植株中核糖核酸的合成，从而又促进了蛋白质的合成。因为磷可以促进植株氮的同化，所以叶片中叶绿素含量也相应增多(表4)。

表2 磷肥对于紫云英植株中核糖核酸含量的影响(单位:微克/克鲜重)(土壤:白泥田)

处	测定部位	叶 片	叶 片	根	叶 片	根
	测定日期(日/月)	25/Ⅱ	15/Ⅱ		15/Ⅲ	
理						
	P ₀	101.0	415.5	94.7	473.4	89.4
	P ₁	214.6	536.5	149.9	757.4	139.4
	P ₂	391.3	810.0	318.3	757.4	168.3
	P ₃	521.8	1104.5	231.7	778.5	178.9

表3 磷肥对于紫云英叶片和根中各种氮的含量的影响(土壤:白泥田)

处	测定项目和日期 (日/月)	蛋白质-N	非蛋白质-N	蛋白质-N 非蛋白质-N	蛋白质-N	非蛋白质-N	蛋白质-N 非蛋白质-N
		15/Ⅱ			15/Ⅲ		
理		叶片中蛋白质-N和非蛋白质-N的含量(毫克/克鲜重)					
	P ₀	4.75	0.60	7.9	4.15	0.90	4.6
	P ₁	6.35	0.41	15.5	5.50	0.47	11.7
	P ₂	6.55	0.39	16.5	6.55	0.33	19.5
	P ₃	6.05	0.39	15.5	6.55	0.33	19.5
理		根中蛋白质-N和非蛋白质-N的含量(毫克/克鲜重)					
	P ₀	—	—	—	2.4	0.6	4.0
	P ₁	3.1	0.5	6.2	2.5	0.4	6.3
	P ₂	3.1	0.5	6.2	2.5	0.3	8.3
	P ₃	4.1	0.3	13.7	2.8	0.2	14.0

从表5看出,增施磷肥不仅可增加植株中磷的含量,同时氮的含量也相应增加。整个植株中N/P₂O₅比约在5.5—7.0:1。过去有的试验报导^[3],豆科植物N/P₂O₅比一般在2.43—5.01:1。而紫云英则超过此数。就是说,磷肥对于紫云英的固氮效果较一般豆科植物好。这也是紫云英作为肥料或饲料的优越性。

表4 磷肥对于紫云英叶片中叶绿素的影响(土壤:白泥田)

处	测定项目和日期 (日/月)	叶片中叶绿素的含量(毫克/克鲜重)	
		18/Ⅱ	14/Ⅲ
理			
	P ₀	0.65	0.81
	P ₁	0.84	0.99
	P ₂	0.93	1.10
	P ₃	1.16	1.02

表5 磷肥对于紫云英植株中氮、磷含量的影响(盛花期)(土壤: 红壤)

处 理	全植株含 N 量(干重)		全植株含 P ₂ O ₅ 量(干重)		N/P ₂ O ₅
	%	毫克/株	%	毫克/株	
P ₀	—	—	0.105	0.26	—
P ₁	1.33	41.9	0.209	6.6	6.36
P ₂	2.19	168.6	0.314	14.2	6.97
P ₃	2.85	238.6	0.523	43.8	5.45

磷肥可促进紫云英固氮,那么在缺磷的土壤上施用氮肥,能否促进它的生长呢? 试验指出,不施磷的处理(P₀) 在3月中、下旬每盆分别施硫酸铵各2克,无论在白泥田或红壤上效果均不明显(图1),这可能是由于磷的不足,影响植株中核糖核酸的生成,从而影响蛋白质的合成。但在同样土壤上施用磷肥,则效果非常显著(图2)。比较图1、2就可以看出,在缺磷的白泥田上分别施用氮、磷肥,对于紫云英固氮效果的明显差别,在红壤上试验也得到相似的结果。

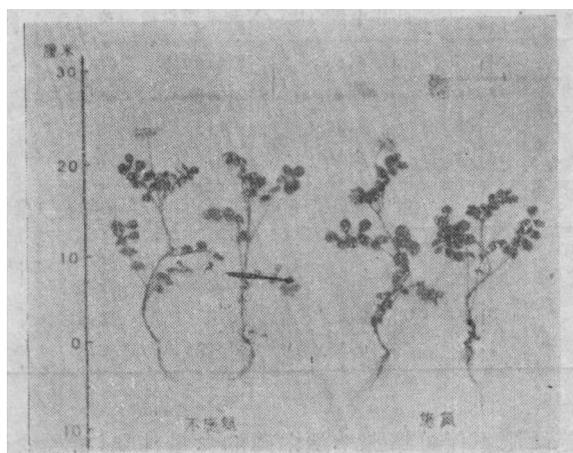


图1 白泥田施用氮肥与不施氮肥的紫云英生长情况(盛花期)

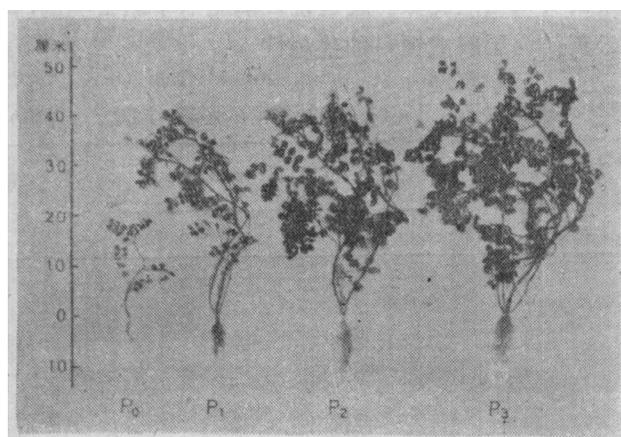


图2 白泥田施用磷肥后紫云英的生长情况(盛花期)

四、磷肥对于紫云英根瘤菌结瘤性和固氮能力的影响

为了探索磷肥对于紫云英根瘤菌的结瘤性和固氮能力，我们从根瘤的数量和质量两方面进行研究。根瘤质量用瘤中豆血红蛋白含量表示，据白泥田和红壤两种土壤的试验结果指出，凡施用磷肥的，根瘤较大、数量较多，根瘤中豆血红蛋白含量也有所提高。也就是说，磷肥可增加紫云英的有效根瘤。表5根瘤鲜重是10株紫云英根瘤重的平均值。

表5 磷肥对于紫云英根瘤菌的结瘤性和根瘤中豆血红蛋白含量的影响

处 理	土壤种类		白 泥 田			红 壤	
	测定项目和日期		豆 血 红 蛋 白			豆 血 红 蛋 白	
	根瘤鲜重 (毫克/株)	盛花期	18/Ⅱ	30/Ⅱ	14/Ⅳ	根瘤鲜重 (毫克/株)	6/Ⅳ
P ₀	2.3	—	—	—	—	2.5	—
P ₁	93.5	4.80	5.09	5.57	250.0	3.87	
P ₂	675.0	6.00	6.12	6.50	656.0	5.23	
P ₃	730.0	5.74	6.60	—	872.0	6.44	

注：P₀处理根瘤太少，瘤中豆血红蛋白无法测定。

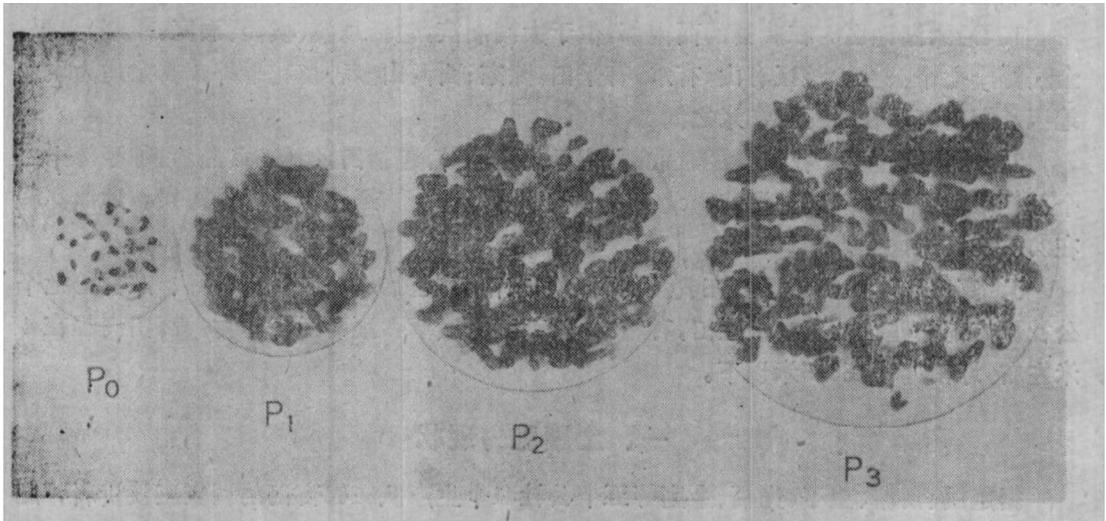


图3 每株紫云英根瘤的大小和数量(土壤：红壤)

据过去试验报导^[4]，根瘤中豆血红蛋白并不参与固氮的原始反应，但在根瘤中却发现还有还原的与氧络合的豆血红蛋白的混合物。这就证明豆血红蛋白与氧的结合是可逆的。藉助于氧的扩散，可刺激类菌体进行氧化磷酸化作用，生成较多的腺三磷，一方面提供电子传递的能量，另一方面可使固氮酶中Fe蛋白发生变构，这种特殊构型的Fe蛋白才能最有效地和固氮酶中Mo-Fe蛋白作用，就能促使电子从电子供体不断地传给铁氧还蛋白，再

(下转310页)

供试作物青稞,品种69024,每亩用种量25.6斤,5月3日浇播种水,5月9日用锄头开沟播种。整个生长期内灌水八次,喷射2,4-D丁酯除草剂一次,人工拔草一次。9月25日收割。

从上述试验结果看出:(1)草炭是一种优质有机肥,每亩地用上5000斤,可增产80—90%。(2)猪肥、羊粪群众已施用多年,肥效也很明显,但目前数量有限。随着粮食增长,麦草数量也随之增加,除作饲料外,多余的麦草堆沤成质量较高的肥料,可获得成倍增产。(3)人尿作追肥施用效果明显,亩用1800斤,可增产80%。

本试验正在继续进行,以观后效。根据初步试验结果,我们建议:(1)在有草炭的地区可利用冬闲时将草炭挖出,经风干、粉碎后,秋耕时撒于地表,然后翻入土中,每亩施上一万斤,既可改良土壤,又可增加土壤养分。另外草炭可分层加入堆肥或垫厕所和牲畜圈,草炭粉还可加入人尿混合堆沤。(2)播种后发动群众积攒人尿作追肥,用时需加水1/3—1/2稀释,以免烧苗。(3)秋季打场完毕后,应将各种草渣和多余的麦草制作堆肥。

(上接 269 页)

由铁氧还蛋白传给 Fe 蛋白,由 Fe 蛋白传给 Mo-Fe 蛋白,从而使基质 N_2 不断地还原为氨^[4]。所以根瘤中豆血红蛋白的含量就间接地影响着根瘤菌的固氮作用。根据不少试验证明^[5],豆科植物根瘤中豆血红蛋白的含量与植株含氮量有平行的关系。我们在1974年比较紫云英根瘤菌固氮效果的研究^[6]中也得到类似的结果,两者间的相关系数为 +0.9501,超过1%的显著水准。所以磷的作用不仅是增加紫云英根瘤菌的结瘤性和瘤重,而且还可以提高根瘤中豆血红蛋白的含量,从而增加有效根瘤,故能提高紫云英的固氮效率。

总之,磷肥既能增加紫云英叶片和根中的核糖核酸含量,促进蛋白质的合成,故能促进地上部分的生长和根系的发育,同时磷又能促进根瘤菌的结瘤性和根瘤中豆血红蛋白的含量,从而增加有效根瘤,故能固定更多的氮素,供给紫云英生长,从而加强了光合作用,形成更多的糖分,又能供给根瘤菌生长繁殖,增强固氮作用。这种相辅相成,互为因果的关系,必然会促使紫云英增加产量。这可能是“以磷增氮”的内在原因。

参 考 文 献

- [1] Ogar, M. and Rosen, G., Arch. Biochem., 25, 262—276, 1950.
- [2] Wilson, D. O. and Reisenauer, H. M., Anal. Biochem., 6, 27—30, 1963.
- [3] 陶勤南, 中国农业科学, 1, 33—37, 1964.
- [4] Mortenson, L. E., Eumft, W. G. and Palmer, G., Biochem. Biophys. Acta, 292, 423—435, 1973.
- [5] Schiffmann, J. and Lobel Rina, Plant and Soil, 501—512, 1970.
- [6] 浙江农业大学农业化学教研组, 土壤, 4, 212—216, 1976.