

国际肥料通讯 第 28 期 2011 年 9 月

e-ifc No. 28, September 2011

国际肥料通讯电子杂志 (e-ifc), 季刊, 国际钾肥研究所主办

Electronic International Fertilizer Correspondent (*e-ifc*). Quarterly correspondent from IPI.

编者按

亲爱的读者:

现在, 不论是政府官员、投资人, 还是农业技术推广人员, 甚至包括一些农民, 都对可持续农业这一词汇非常熟知而且经常应用。但是, 如果要谈到对可持续农业的认识和理解, 我们每个人的感知和经验恐怕有很大的不同。

对农民来说, 可持续农业可能意味着他们使用的特别是水和土这些自然资源保持健康和生产能力, 还意味着不仅要使他们的生计可持续, 还要保证在未来在经济上是有益的。另外, 要用环境因素对可持续农业进行评价时, 不同的生产水平的环境评价指标也不一样。在欧洲这样对产量的增长要求不是那么高的地区, 和那些对期望农业生产能力快速改进提高产出的地区 (比如亚洲部分地区和撒

哈拉以南的非洲地区), 可持续农业也是不同的。这两种明显不同的场景下的可持续农业的管理也有很大区别, 同样, 对农民的挑战和要求也不尽相同。

撒哈拉以南的非洲地区的农业形态非常特殊, 尽管农业投入基本上没有增长, 农民还是获得了较好的产量。他们是怎么做到的呢? 要了解更多的信息, 请阅读本期关于莫桑比克的一篇文章。这种条件下的可持续农业, 应该根据可持续维持赖以生存在这片土地的人们发展的能力来加以检视。

祝您阅读愉快!

Hillel Magen,

国际钾肥研究所所长

目录[编者按](#)[研究报告](#)[黎巴嫩土壤各种不同形态钾的含量](#)

Al-Zubaidi, A., I. Bashour, T. Darwish, and M. Safieddine

[莫桑比克集约化种植玉米示范项目: 向农民示范更优作物和土壤管理的好处](#)

Goujard, O., M. van den Berg, P. Heffer, and, S. Zingore

[中国水溶性肥料发展状况——来自第二届国际水溶性肥料高层论坛的简要报道](#)

田有国, 吴江和张番

[学术活动](#)[最新出版物](#)[钾素文献](#)[信息公告](#)

因为棉花的价格较高, 巴伊亚 (Bahia, 巴西北部的一个省份) 西部的农民扩大了棉花种植面积。拍摄: IPI。

研究报告

黎巴嫩土壤各种不同形态钾的含量

Al-Zubaidi, A⁽²⁾, I. Bashour⁽¹⁾⁽²⁾, T. Darwish⁽³⁾, M. Safieddine⁽²⁾

摘要

采取黎巴嫩 8 种有代表性的土壤类型的土样，测定不同深度土壤剖面水溶性钾、交换性钾、非交换性钾，矿物钾和全钾的含量，采用 X 衍射仪测定土样中的粘土矿物。结果显示，土样中水溶性钾、交换性钾、非可交换性钾、矿物钾和全钾平均含量分别为：0.0122, 0.2324, 1.1791, 12.478 和 13.9471 Cmol/kg。钾基饱和度 (KSP) 范围在 0.21%~2.79% 之间，每千克粘土中交换性钾含量为 0.12~1.35 Cmol。不同形态钾的含量变异性很大，这些用于表征土壤钾的指标都与不同土壤中矿物组成成分密切相关。结果显示，本文中大多数土样中不同形态钾的含量都非常低。因此，这些土壤供钾能力低，需要推荐施用钾肥。为进一步研究黎巴嫩土壤中钾的状况，建议开展更多关于土壤钾释放速率的研究。

引言

钾是作物营养所需的大量元素。土壤中有效钾含量充足与否是很多农业系统和环境系统中的限制因子。土壤中钾素以不同的形态存在：水溶性钾、交换性钾、非交换性钾，矿物钾和全钾。在这些不同形态的钾之间

存在动态平衡，这样的动态平衡不仅会在特定的情况下影响水溶性钾的含量，也会影响可被作物直接吸收利用的有效钾的含量 (Sparks, 2001)。

土壤中水溶性钾含量过低就难以满足作物对钾的需求。而交换性钾尽管对一茬作物而言，其含量很高，但却不能满足几茬作物对钾的需求 (Sparks and Huang, 1985)。非交换性钾位于粘粒的内部，比如伊利石中钾离子就陷六角晶穴中。作物只能吸收少量的非交换性钾 (Mengel and Kirkby, 1987; Al-Zubaidi and El-Semak, 1995)。含钾矿物类型对非交换性钾的释放有非常大的影响 (Martin and Sparks, 1983)。黎巴嫩土壤中钾的供应受到土壤类型和成土气候条件的影响。(Darwish *et al.*, 2003)。

矿物钾或结构钾被认为是天然形成的物质。土壤中 90%~95% 钾都是由各种含钾矿物，如长石、云母，晶层间离子键键联而成。作物很难吸收利用这类钾。全钾代表土壤中全部钾素形态的总和。影响土壤全钾的因子包括母质、气候、淋溶和植被覆盖等。

提高对土壤钾库的认识有助于更好地了解和管理土壤中的钾。目前报道黎巴嫩土壤中钾素化学行为的学术文章只有为数较少的几篇 (Sayegh *et al.*, 1990; Al-Zubaidi *et al.*, 2008)。因此，本文着手研究代表黎巴嫩大多数农业土壤的 8 种土壤中钾的含量及组成。



8种代表性土壤类型采样点示意图

材料与方法

从代表黎巴嫩大多数土壤类型的 8 种土壤的不同深度剖面中取出 26 个土样 (见图)。各土样取样位置、分类和物理化学性质详见表 1。

土样中不同形态的钾含量采用 Pratt (1965) 提供的方法进行测定：水溶性钾 (H₂O-K) 采用 1: 2 的土水比 (蒸馏水) 浸提。交换性钾用 0.5 M CaCl₂ 溶液浸提，用 CaCl₂ 代替乙酸铵是为了避免钾在浸提过程中被固定 (Martin and Sparks, 1983)。非交换性钾用 1 mol L⁻¹ HNO₃ 提取。全钾采用 48% 氢氟酸、97% 硫酸和高浓度的高氯酸混合酸消煮提取。矿物钾采用 1983 年 Martin and Sparks 提出的公式进行计算：

- 矿物态钾 = 全钾 - (交换性钾 + 非交换性钾)
- 钾基饱和度 (KSP) 计算公式为：

$$KSP = \frac{\text{交换性钾}}{\text{交换性阳离子}} \times 100$$

⁽¹⁾ 通讯作者：ib02@aub.edu.lb.

⁽²⁾ 贝鲁特美国大学农业和食品科学学院农业科学系。

⁽³⁾ 黎巴嫩科学研究全国委员会。

这篇文章曾在 IPI-EGE 大学共同举办的“西亚和北非地区土壤管理与钾肥应用国际研讨会”上进行过宣读。这次研讨会是 2010 年 11 月 22 日至 25 日在土耳其 Antalya 举办的。



表 1. 土壤样品采样地点、土壤分类、理化性状及不同钾形态含量。

Profile No.	Location, soil type and texture	Depth cm	EC $dS\ m^{-1}$	pH	O.M	CaCO ₃	Sand %	Silt %	Clay %	Σ Exch. cations	H ₂ O-Soluble K	Exch. K	Non-exch. K	Mineral K	Total K	Mineral K /total K %
165	Jbab el Homer;	0-20	0.54	7.60	1.80	15	15	36	46	33.90	0.0239	0.6225	3.97	21.20	25.82	82.14
	Calcaric Regosols;	20-60	0.54	7.50	1.00	37	18	30	50	27.85	0.0128	0.2891	0.96	15.69	16.95	92.55
	clay	60-110	0.51	7.70	0.80	34	22	24	50	30.87	0.0043	0.1431	0.86	17.32	18.33	94.48
206	Rachaya; Gleyic Cambisols; silty clay loam	110-130	0.50	7.60	0.50	31	32	18	46	28.69	0.004	0.1108	1.05	16.21	17.37	93.30
		0-25	0.47	7.70	3.10	35	13	48	38	34.20	0.0086	0.2531	0.72	14.60	15.58	93.69
		25-70	0.33	8.10	2.20	39	12	36	50	31.56	0.0039	0.0811	0.36	12.10	12.55	96.44
		70-100	0.40	8.10	1.60	30	19	26	54	33.23	0.0102	0.1016	0.49	13.36	13.97	95.69
259	Hasbaya Plain; Calcaric Fluvisols; clay loam	100-130	0.53	8.10	0.70	11	27	16	56	28.60	-	-	-	-	-	-
		0-20	0.15	7.60	0.60	61	33	38	26	20.43	0.0101	0.0841	0.16	5.95	6.20	95.98
		20-55	0.26	7.50	3.10	58	31	30	36	22.88	-	-	-	-	-	-
		55-80	0.25	7.30	3.30	55	33	36	28	16.45	0.0384	0.262	0.53	3.76	4.59	81.93
190	Batroun; Gleyic Luvisols; clay	80-150	0.35	7.10	1.90	60	33	38	26	17.26	0.0075	0.0817	0.17	4.70	4.95	94.81
		0-10	0.51	6.80	1.60	3	7	40	52	18.79	0.0479	0.5246	1.96	13.02	15.55	83.71
		10-70	0.28	7.10	1.50	2	6	28	64	16.39	0.0079	0.1192	1.01	14.87	16.01	92.90
		70-130	0.29	7.20	0.10	2	5	22	70	18.04	0.0041	0.084	0.92	15.08	16.08	93.75
179	Marjheem; Eutric Arenosols; sandy clay loam	0-30	0.29	7.40	4.90	1	58	18	22	15.96	0.0171	0.2191	1.06	11.14	12.44	89.57
		30-80	0.16	7.70	0.60	1	70	14	16	9.19	0.0079	0.0759	0.60	11.24	11.92	94.30
		80-135	0.21	7.40	0.70	1	60	22	18	12.57	0.0059	0.0837	0.87	10.21	11.17	91.37
		135-180	0.21	7.70	0.80	1	50	18	30	24.64	0.0071	0.1524	1.12	12.68	13.95	90.84
234	El Zavmiyeh; Endostagnic-vertic Cambisols; clay	0-10	0.28	7.30	2.10	0	7	32	60	26.01	0.0173	0.6511	3.44	20.97	25.08	83.63
		10-40	0.27	7.60	1.40	0	7	26	66	26.14	0.0212	0.6445	5.01	28.21	33.88	83.26
		40-110	0.33	7.50	0.80	0	8	26	66	28.03	0.0102	0.5634	3.48	27.26	31.32	87.05
49	Tell-Kalakh Tawile; Hypocalcic Vertisols; clay	0-20	0.49	7.80	1.60	0	18	28	54	32.95	0.0056	0.1544	0.65	6.91	7.71	89.56
		20-53	0.45	8.10	1.30	2	18	21	58	30.38	0.0036	0.068	0.41	5.51	6.00	91.89
		53-90	0.41	8.10	1.10	10	20	27	51	29.97	0.0026	0.0632	0.42	5.21	5.69	91.52
		90-120	0.41	8.20	0.60	38	20	34	44	24.86	0.0032	0.0762	0.27	4.28	4.62	92.47
272	Ed Douair; Vertic Clacisols; clay	0-30	0.40	7.10	1.81	55	6	28	64	29.41	0.0237	0.4093	0.67	6.69	7.80	85.85
		30-60	0.46	7.20	2.30	57	11	30	56	24.23	0.0102	0.2655	0.55	6.26	7.09	88.37
		60-150	0.48	7.10	2.30	72	10	34	56	15.54	0.0108	0.0913	0.14	N/A	N/A	N/A
Average																
Maximum																
Minimum																



每 100g 粘土所含交换性钾的含量在计算时应充分考虑土样粘粒组分中总交换性钾的含量。

采用 X 衍射仪识别粘土矿物 (Jackson 1958)。采用 Tan (1996) 方法进行预处理, 研磨分析, 饱和钾、饱和镁和乙二醇饱和处理分析, 加热 500°C。饱和钾溶液和饱和镁乙二醇溶液样品用于区别粘土矿物膨胀与否 (Tan, 1996)。

结果与讨论

土壤描述

土壤物理化学性质详见表 1。结果显示, 土样盐分低 (EC 值介于 0.15 和 0.54 dS m^{-1} 之间), 整个土壤剖面土层 EC 值没有显著变化。pH 范围为 6.8~8.2, 表明土壤 pH 属中性略偏碱, 整个土壤剖面各土层 pH 几乎没有变化。土壤有机质范围在 1~49g/kg 之间。第 179 号土样表层土壤 (0~30 cm) 有机质含量最高。总的来说, 土壤中的有机质含量随土层加深而下降。

土壤 CaCO_3 含量范围在 0~72% 之间。一些土样 (如 165, 206, 25 和 272 号) 可归于高钙质土壤。而一些土样的表层土壤 (190, 179 和 49 号) 被认为没有钙质。

土样粘粒含量范围在 16%~70% 之间。6 个土样 (165, 206, 190, 234, 49 和 272 号) 为粘土, 179 号为砂土, 259 号是粉砂粘壤土。

阳离子交换总量用 CEC 表示, 范围为 9.1~34.2 Cmol kg^{-1} 之间。阳离子交换量大小直接受到土壤粘粒和有机质的影响。

土壤粘土矿物

采用 X 衍射的方法分析土壤粘土矿物见表 2。

不同形态钾的含量

土样各形态钾的含量详见表 1。

1) 水溶性钾

表 1 表明土样中水溶性钾 ($\text{H}_2\text{O-K}$) 含量介于 0.0026~0.0479 Cmol kg^{-1} 之间, 即

每公顷土壤中水溶性钾的含量为 4.05~74.6 kg, 这说明调查土壤中水溶性钾含量非常低, 难以满足作物生长, 同时也远低于大多数作物对钾的需求。

2) 交换性钾

土样交换性钾含量介于 0.0632~0.651 Cmol kg^{-1} 之间 (表 1), 土样平均值低于 2008 年 Al-Zubaidi 所报道的黎巴嫩其他土壤交换性钾的含量。土样中交换性钾含量最高的是 234 号, 最低的则是 49 号。

如果按 Al-Zubaidi and Pagel 1979 年提出的观点, 将土壤中交换性钾含量 0.4 Cmol kg^{-1} 作为交换性钾高低与否的临界点。那么, 除了 234 号土样, 以及 165、190, 272 号土样表土以外, 其他所有土壤都可以归为交换性钾含量极低的土壤, 应立即施用钾肥。

Datta 和 Sastry 在 1988 年提出了更高的交换性钾含量临界值, 认为 0.626 Cmol kg^{-1} 是非交换性钾与交换性钾进行转化的临界点。如果我们将这一临界值与所得数据进行对比, 可以发现除了 234 号土样和 190 号表层土样, 其他所有土样交换性钾含量都低于这一临界值。这表明调查的土壤中非交换性钾 (固定态钾) 对植株生长具有潜在的供钾能力。

表 2. 使用 X 射线衍射仪测定的土壤矿物组成

剖面编号	主要矿物成分
165	14 Å 矿物、高岭石、石英石
206	常规绿泥石间层蒙脱石、高岭石、石英石
259	14 Å 矿物、云母、高岭石、石英石
190	高岭石、石英石
179	含绿泥石的蒙脱土、高岭石、石英石
234	14 Å 矿物 (蒙脱石、蛭石、绿泥石), 非常规云母-蛭石间层、高岭石
49	14 Å 矿物、高岭石
272	绿泥石、常规绿泥石-云母间层、云母、高岭石、石英石

234 号土样交换性钾含量较高, 究其原因, 与土壤中粘粒含量、蛭石、云母—矿物质较高有关 (见表 2)。该土样的 X 衍射峰值为 10.40 Å, 表明该土样中的云母正处于风化阶段。而土样相对较低的矿物钾与全钾比值也证实了这一结论 (表 1 最后一栏)。

3) 非交换性钾

用酸 (硝酸) 浸提出的钾, 常被用来表征土壤中非交换性钾, 也可用于表示长期栽培过程中土壤所能提供钾的潜力大小 (Jackson 1958), 见表 1。土壤中非交换性钾含量变异性较大, 范围在 0.14~5.00 Cmol kg^{-1} 之间。如果采用 1972 年 Pagel 的建议, 将 1.00 Cmol kg^{-1} (400 mg kg^{-1}) 作为非交换性钾的临界值, 那么有 9 个土壤样品中的非交换性钾含量均高于此标准 (说明供钾潜力大), 余下土壤则供钾能力较弱。234 号土样非交换性钾含量非常高, 这可能与该地区的风化程度较高有关。

4) 矿物钾

在本文中的土样矿物钾含量范围在 3.76 和 28.21 Cmol kg^{-1} 之间 (见表 1)。矿物钾的含量取决于土壤类型、原生矿物类型、次生矿物类型以及风化程度 (Sharples, 1987)。土样中矿物钾含量最低的是 259、49 和 272 号土样, 含量最高的是 234 号土样。



表3 7种土壤剖面中矿物钾、非交换性钾和交换性钾状况

剖面编号	采样地点	土壤类型	采样深度 cm	矿物钾	-----% of total K-----	
					非交换性钾	交换性钾
165	Sir Ed Danieh - Jbab el Homr	Calcaric Regosols	0-20	82.14	15.36	2.41
			20-60	92.55	5.67	1.71
			60-110	94.48	4.72	0.78
			110-130	93.30	6.04	0.64
206	Rachaya, Ammiq road	Gleyic Cambisols	0-25	93.69	4.63	1.62
			25-70	96.44	2.88	0.65
			70-100	95.69	3.51	0.73
259	Marjayoun, Hasbaya plain	Calcaric Fluvisols	0-20	95.98	2.50	1.36
			55-80	81.93	11.52	5.71
			80-150	94.81	3.39	1.65
190	Batroun	Gleyic Luvisols	0-10	83.71	12.61	3.37
			10-70	92.90	6.31	0.74
			70-130	93.75	5.70	0.52
179	Sir Ed Danieh, Marjheen	Eutric Arenosols	0-30	89.57	8.53	1.76
			30-80	94.30	5.00	0.64
			80-135	91.37	7.82	0.75
			135-180	90.84	8.02	1.09
234	El Zayniye, Baalbeck	Vertic Cambisols	0-10	83.63	13.71	2.60
			10-40	83.26	14.78	1.90
			40-110	87.05	11.12	1.80
49	Tell Kalakh, Tawile	Hypocalcic Vertisols	0-20	89.56	8.36	2.00
			20-53	91.89	6.92	1.13
			53-90	91.52	7.32	1.11
			90-120	92.47	5.81	1.65

表4 剖面的钾饱和度和交换性钾含量

剖面编号	采样深度 cm	钾基饱和度 %	交换性钾
			mmol/100 g clay
165	0-20	1.84	1.35
	20-60	1.04	0.58
	60-110	0.46	0.28
	110-130	0.39	0.24
206	0-25	0.74	0.66
	25-70	0.26	0.22
	70-100	0.31	0.38
259	0-20	0.41	0.31
	20-55	1.15	0.72
	55-80	0.50	0.28
190	0-10	2.79	1.00
	10-70	0.73	0.18
	70-130	0.47	0.36
179	0-30	1.37	1.00
	30-80	0.83	0.50
	80-135	0.67	0.44
	135-180	0.62	0.50
234	0-10	2.5	1.08
	10-40	2.47	0.97
	40-110	2.01	0.80
49	0-20	0.47	0.28
	20-53	0.22	0.12
	53-90	0.21	0.25
	90-120	0.31	0.18
272	0-30	1.39	0.64
	30-60	1.10	0.48
	60-150	0.59	0.16
平均 范围		0.96	0.52
		0.21-2.79	0.12-1.35

矿物钾和全钾的比值范围在 81.93% 和 96.44% 之间 (见表 1)。矿物钾和全钾的比值越低表明钾类矿物风化程度越高, 反之亦然。

5) 全钾

土壤全钾含量变异范围较大, 在 4.59~33.89 Cmol kg⁻¹ 范围之间 (见表 1)。土壤中全钾含量的多少取决于母质矿物类型, 原生矿物类型、次生矿物类型和土壤粒级类型。黎巴嫩土壤全钾含量低于伊拉克土壤 (Al-Zubaidi and Al-Rabai, 2002)。

土壤矿物钾占全钾的 81.9% 以上。原生矿物中全钾比例高表示母质矿物中钾的含量就高 (Martin and Sparks, 1983)。

土壤剖面不同形态钾的分布

表 3 是不同形态钾, 即交换性钾、非交换性钾和矿物钾 (均以全钾的百分数表示) 在整个土壤剖面中的分布。剖面中交换性钾和非交换性钾的



分布十分相似。总的来说，除 259 号土壤土层大概由不规则河流冲积物堆积而成之外，其他土样剖面不同形态钾的含量都是随土层深度增加而不断降低。

165, 206, 179, 234, 49 和 190 号土壤剖面中的矿物钾含量分布，随着土层深度的增加而不断增加。但 259 号土壤剖面中的矿物钾的分布却是随土层深度的增加而不断降低。土壤剖面矿物钾的分布与不同深度土层钾类矿物类型、风化程度密切相关。

钾饱和度 (KSP) 和粘土中的交换性钾

还有两种评价土壤供钾能力的指标，一是钾饱和度 (KSP)，其等于(交换性钾/CEC) \times 100；二是每 100g 粘土中所含毫摩尔的交换性钾（或每 kg 粘土中所含的厘摩尔钾）。

由表 4 可知，土样剖面钾饱和度和含量范围从 0.21% 到 2.79%。除 234 号和 190 号土样表土 (0~10cm) 钾饱和度较高之外，其余土样钾饱和度和都低于 Pagel 和 Insa 在 1974 年所提出的 2.3%。这说明调查土壤中钾离子在交换性阳离子中所占比例很小。

平均每 100g 粘土中可交换性钾含量非常低，仅为 0.52 mmol（见表 4），比 2003 年 Al-Zubaidi 所报道的伊拉克土壤的 3.6 mmol 还要低。这就意味着黎巴嫩土壤对钾的固定强度很大，大多数的钾都是以固定形态存在于土壤中。本文也证实了 Al-Zubaidi (2008) 的观点，黎巴嫩土壤在固钾方面具有非常大的潜力 (27.0%~47.5%)。因此在进行施肥推荐时，应充分考虑不同作物对钾的需求，尤其是喜钾作物如番茄、香蕉和柑橘树。

结论

综上所述，黎巴嫩大多数土壤供钾能力较弱，因此需要施用钾肥。之前在一些黎巴嫩土壤上进行的小麦、大麦钾肥施用试验 (Al-Zubaidi *et al.*, 2009) 也证实了该结论。为进一步研究黎巴嫩土壤中钾的现况，建议开展更多关于土壤钾释放速率的研究。

致谢

特别感谢贝鲁特美国大学 (AUB) 的大学研究董事会 (URB)、国际教育学者救助基金 (RSF)，以及国际钾肥研究所 (IPI) 对本研究工作的支持。

参考文献

- Al-Zubaidi, A. 2003. Potassium Status in Iraqi Soils. Proceedings of the Regional Workshop: "Potassium and Water Management in West Asia and North Africa." Edited by A.E. Johnston. International Potash Institute, Horgen, Switzerland. p. 129-142.
- Al-Zubaidi, A., A. Alameddine, and I. Bashour. 2009. Preliminary Field Observations on the Response of Wheat and Barley to High Rates of K-Fertilization in Rainfed and Irrigated Regions in Lebanon. *e-ifc* No. 20, June 2009, International Potash Institute, Horgen, Switzerland.
- Al-Zubaidi, A., S. Yanni, and I. Bashour. 2008. Potassium Status in Lebanese Soils. National Center for Scientific Research Journal, 9:81-97.
- Al-Zubaidi, A., and B.M. Al-Rubai. 2002. Potassium Status in Rice Soils. Iraqi Journal of Agricultural Sciences, 33:1-8.

- Al-Zubaidi, A., and K. El-Semak. 1995. Effect of Soil Salinity on Potassium Equilibrium as Related to Cropping. *Mesopotamia Journal of Agriculture*, 3:99-105.
- Al-Zubaidi, A., and H. Pagel. 1997. Content of Different Forms of Potassium in some Iraqi Soils. *Iraqi Journal of Agricultural Sciences*, 14:214-240.
- Darwish T., T. Masri, M. El Moujabber, and T. Atallah. 2003. Impact of Soil Nature and Mineral Composition on the Management and Availability of Potassium in Lebanese Soils. Proceedings of the Regional Workshop of the International Potash Institute. "Potassium and Water Management in West Asia and North Africa". Amman, Jordan, November 2001. p. 152-160.
- Datta, A.C., and T.G. Sastry. 1988. Determination of Threshold Levels for Potassium in Three Soils. *J. Indian Soil Science*, 35:676-681.
- Jackson, M.L. 1958. Soil Chemical Analysis. Prentice Hall Inc. Englewood Cliffs, N.J.
- Jackson, M.L. 1979. Soil Chemical Analysis. Advanced Course, 2nd Edition. Published by the author, Madison, Wisc.
- Martin, H.W., and D.L. Sparks. 1983. Kinetics of Non-Exchangeable Potassium in Soils. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.*, 16:133-162.
- Mengel, K., and E.A. Kirkby. 1987. Principles of Plant Nutrition. International Potash Institute, Horgen, Switzerland.
- Pagel, H. 1972. Vergleichende Untersuchungen über Gehalt an



austauschbarem und nachlieferbarem Kalium in wichtigen Böden der ariden und humiden Tropen. *Beit. Tropische und sub-tropische Landwirtschaft und Tropenveterinär medizin, KMU, Leipzig*, 10:35-51.

- Pagel, H. and I. Insa. 1974. Veränderung wichtiger Größen des K-Haushaltes in Mongrovenböden Guineas unter dem Einfluss der Nutzung. *Transact. 10th Inter Congress Soil Science, Moscow*, 4:349-357.
- Pratt, P.F. 1965. Potassium. In C.A. Black *et al.* (ed). *Methods of Soil Analysis. Part. 2. Agronomy* 9:1023-1031. Amer. Soc. of Agron. Maddison, Wisc.
- Sayegh, A., K.H. Khazzakah, A. El-Khatib, S. Sfeir, and M. Khawlie. 1990. Soil Mineralogy of Lebanon. Soil Resources, Land and Water Development Division, FAO.
- Sparks, D.L. 1989. *Kinetics of Soil Chemical Processes*. Academic Press. Inc., England.
- Sparks, D.L., and P.M. Huang. 1985. Physical Chemistry of Soil Potassium. p. 201-276.
- Sharpley, A.N. 1987. The Kinetics of Soil Potassium Desorption. *Soil Sci. Soc. Amer. J.*, 51:912-917.
- Tan, K.H. 1996. *Soil Sampling, Preparation and Analysis*. New York, Marcel Dekker, Inc.

“黎巴嫩土壤各种不同形态钾的含量”一文，可以在国际钾肥研究所[区域活动/西亚和北非 \(WANA\)](#)栏目找到。

研究报告

莫桑比克集约化种植玉米示范项目：
向农民示范更优作物和土壤管理的好处

Goujard, O.⁽¹⁾, M. van den Berg⁽²⁾, P. Heffer⁽³⁾, and S. Zingore⁽⁴⁾

引言

莫桑比克作为一个发展中国家，直到 1990 年代初期，一直遭受长期的内战。80%~90%的人口从事农业生产，每个农民耕种的面积非常小，不足 3 公顷。主要作物有玉米、木薯和作为原料的高粱。农作物产量很低，玉米单产不到 1.0t/ha。农资市场发展不完全，绝大多数农民种植面积小，与农资市场和农产品市场对接不好。南部非洲地区（SSA）肥料使用量非常低，平均不到 8.0kg/ha，低于世界平均水平的 10%。莫桑比克施肥更低，平均差不多 6.0kg/ha。

莫桑比克玉米集约化种植示范项目（MIM）是国际肥料发展中心（IFDC）于 2008 年 9 月开始实施的。MIM 项目是国际肥料协会（IFA）、国际植物营养研究所（IPNI）和国际钾肥研究所（IPI）资助并提供技术支持的。MIM 项目是为了响应阿布贾（Abuja）宣言行动的一部分，目的在于推动 SSA 地区的政府将该地区的肥料使用水平提高到 50kg/ha。

在非洲肥料应用大会（尼日利亚阿布贾，2006 年 6 月 13 日，参见[连接](#)），代表们一致认为肥料是非洲面临人口增长和肥力下降压力下完成非洲绿色革命的最重要的因素。响应大会形成的阿布贾宣言，“非洲发展合作新伙伴（NEPAD）”宣称，非洲的经济发展必须基于较快速度而且是可持续的经济增长（每年增长 7%）。实现这一目标，非洲的政府首脑们制定了“非洲农业全面发展计划（CAADP）”，明确了指导非洲农业增长、食品安全和农村发展的农业发展框架目标，即每年非洲农业增长 6%。

项目目的

项目目的是示范农民如何能够提高旱作农业条件下玉米产量。

项目具体目标

- 1 通过提高施肥量，采取平衡施肥和改进品种，增加玉米产量和提高作物的营养价值。
- 2 通过提高小规模种植农户的购买力，增强与农资生产和农产品市场

的对接，提高他们的收入水平和改进生活质量。

通过下面一系列活动，项目覆盖完整的价值链条，实现提高玉米产量和增加农民收入的目的。

- **提高农民使用新品种的能力。**在莫桑比克，农民广泛使用传统的玉米自留种，这些种子生长势很差，施肥的效应不高。项目目标之一就是示范农民种植 Sussuma, Matuba 等改良品种和 PAN67 等杂交品种，可以提高玉米产量。
- **提高农民施用肥料的能力。**在目前每亩施肥 6kg/ha 的基础上增施肥料是提高玉米产量的必然选择。项目目标之一就是向农民展示，可以通过施用合适的肥料，实施保护性耕作，采用合理的农艺措施和增加其他投入（比如种子），农民可以获得更好的产量。项目同时促进农民和肥料、种子等销售市场对接，使农民及时方便地买到自己想要的农业投入品。
- **在农民和农产品市场之间架起一座桥梁。**要实行这一目标，农民必

⁽¹⁾ IPI 撒哈拉以南非洲地区项目协调员，olivier.goujard@kalifrance.com。

⁽²⁾ 国际肥料发展中心（IFDC）前 COP，莫桑比克

⁽³⁾ 国际肥料协会（IFA），农业部部长，PHEFFER@fertilizer.org

⁽⁴⁾ 国际植物营养研究所（IPNI），非洲区域负责人，SZingore@ipni.net



参加“7 de Abril-Zembe”活动的农民站在他们的示范田边。摄影：O. Goujard。



须有能力进入到玉米销售市场，允许他们按较高的价格销售他们的玉米产品，提高他们购买农资投入品的能力。

预期产出和影响

- 1 项目区 250 名小规模种植农户直接从项目增产增收中受益。另外，通过农民田间日活动等广泛散发的以市场为导向的农业增密技术，至少使 5000 名农户受益。
- 2 每个实验点玉米产量都比实验开始前增加 50%以上。
- 3 培训 50 个农资经销商和农产品经销企业，使每个经销商能够增加投入品的供应和加强农资应用技术推广服务于 50 个小规模种植农户，这样总体上保证增加 25,000 个农民的生产。
- 4 建立生产者互助合作社，增强与农资市场和农产品销售市场的对接能力。
- 5 项目区的 50 个农户的收入要比项目开始前增加 20%。
- 6 在每个项目实施区，开发建立和推广应用改进基于土壤测试的肥料推荐，以及玉米养分管理决策支持系统 (NuMaSSA)。
- 7 每季作物种植前，每个项目区都要建立基于玉米的种植制度（单作、混作和间作，以及作物和玉米的轮作）的土壤肥力管理计划（土壤肥力综合管理、土壤养分定点管理 ISFM/SSNM）和病虫害综合防治 (IPM) 等。

试验点

MIM 项目在 Beira 走廊的 Sofala、Manica 和 Tete 三个主产省实施（见图）。

2008 年，选出了 5 个示范点，有不同的农民合作组织参与，后来增加



莫桑比克 Beira 走廊示意图（图中用圆圈圈出的部分）。数据来源：http://www.nationsonline.org/oneworld/map/mozambique_map.htm

到 2009 年的 10 个和 2010 年的 15 个（见表 1 和表 2）。项目有 253 人直接参与项目实施，其中 35%为妇女。

示范处理设计

示范的目的就是要展示玉米增产潜力，施用的肥料和使用的品种都和当地农民的种植条件、农民的意愿和投入种子肥料的能力相吻合的，表 2 汇集了 3 年中由于项目目标更多集中在更优田间管理的试验研究对象的变化情况。开放式授粉品种 (OPV) 在第一年是纳入示范内容的，但因为这些品种的表现实在不怎么样，接下来的几年就没有示范了。施肥方面，一直保留的只有增产最大的基施肥

组合 (NPK+S)，施肥总量也从每公顷 300 公斤下降到 100 公斤或者 50 公斤，这样，农民才能买得起。同样，尿素施用量从每公顷 150 公斤减少到 100 公斤。为了比较传统耕作（栽植作物前喷施一次草甘膦除草剂）和保护性耕作（施用有机肥或畜禽粪便），每块地都被划分为 2 部分。

表 3 是各方讨论后同意的试验方案，该方案在每个点上都在保护性耕作和传统耕作上重复对比实施。

每个示范面积 1.3 公顷 (130m×102m)，均匀地分成传统耕作和保护性耕作两部分。每部分又被分成 0.1 公顷的 6 个试验小区 (50m×20m)。



表 1 MIM 项目示范地点、合作组织和农民

省	地区	合作组织	项目参加人数		
			男人	女	总计
Sofala	Gorongosa	Nhauranga FarMIMg	17	9	26
		Tendeni Pabodzi	10	8	18
	Nhamatanda	Fambizanai	8	8	16
Manica	Gondola	Luta Contra Pobreza	5	7	12
		7 de Abril Zembe	29	1	30
	Sussundenga	16 de Junho- Bengo	7	9	16
		Matchipissa	1	0	1
		Muvé	10	4	14
Manica	Chinhamancungo	11	4	15	
	Cufuma Ichungo	4	2	6	
Tete	Báruè	Vila Miti	1	0	1
		Teguirane Manja	10	13	23
	Angónia	Tithandizane	14	11	25
		Muenze	16	4	20
	Macanga	Chiande	22	8	30
Moatize					
Total 3	9	15	165	88	253

表 2 2008、2009和2010年MIM项目示范处理设计

示范处理数	小区面积 (ha)	年代		
		2008	2009	2010
种子	农民自留种	+	+	+
	开放式授粉制种	+	-	-
	杂交种	+	+	+
肥料(kg ha ⁻¹)	NPK: 12-24-12 +6S (基施)	300	50-100	50-100
	NPK: 12-24-12 +0S (基施)	300	-	-
	尿素(追施)	150	50-100	50-100
耕作方式	传统耕作方式	+	+	+
	保护性耕作方式	-	+	+

表 3 MIM2009-2010年试验处理

处 理 代 号	种子		施肥		肥料用量	
	农民 自留 种	杂交 (PAN67)	基施 N-P-K-S 12-24-12-6(S)	撒施 尿素	基施 N-P-K-S	撒施 尿素
T ₁	+		-	-	0	0
T ₂	+		+	+	6-12-6-3	23
T ₃	+		+	+	12-24-12-6	46
T ₄		+	-	-	0	0
T ₅		+	+	+	6-12-6-3	23
T ₆		+	+	+	12-24-12-6	46

小区之间有 2 米隔离缓冲区。示范开始整地实施时是在雨季的 11 月，12 月开始播种，根据当地生长季节和生长条件，玉米成熟到收获是 4 月到 6 月。

种植

玉米杂交种选用在莫桑比克广泛应用的 PAN67。虽然玉米杂交品种

的应用极大地提高了作物产量，但在莫桑比克依然有 95% 的农民种植自留种。有报告表明，莫桑比克只有 1% 的玉米是杂交品种，4% 的玉米是开放授粉育种的品种 (OPVs)。

玉米是农民手握锄头 (Enxada) 手工种植的。因为自留种的发芽率低，所以自留种要播种 3 粒而杂交种

只播种 2 粒。出苗后 2 周间苗，每穴只保留一棵健壮苗。但农民自留种试验地块按照农民的种植习惯不进行间苗。PAN67 的种植密度是 50000 株/ha，而农民自留种的种植密度是 55000 到 90000 株。

施肥

基施 NPK 肥料 12-24-12+6S，这种肥料是当地生产的复混肥料。基施肥料在离播种孔 5cm 的地方，施肥深度 5cm，施肥后覆土。追肥(尿素 46%) 在玉米苗高到膝盖时进行。

2010 年进行了土壤样品测试，便于了解施肥是否与土壤肥力相适应。测试结果见表 4。

杂草和虫害控制

莫桑比克的杂草控制对玉米生产非常重要，往往造成玉米减产 25%-85%。在 3 个关键时期(例如出苗后 10-40 天，和杂草长势太盛以至与玉米生长争夺空间、养分和水分的时候) 进行手工除草。包括所有处理小区都进行除草，虽然农民实际上很少除草。

虫害不仅在生长季节而且在收获后的储藏过程都非常严重，对莫桑比克的作物和粮食带来巨大的灾害。玉米条螟白蚁是莫桑比克玉米的主要害虫。试验地玉米出现虫害时都进行了适当的防治。

试验结果

因为 2008-2009 年度的处理是不一样的，而 2010-2011 年度的结果 IFDC 还没有正式发布，所以这篇论文主要总结了 2009-2010 年项目试验结果。

因为在开花期严重的干旱，10 个处理中有 2 个(分别位于 Sofala 省的 Nhamatanda 和 Manica 的 Gondola) 没有收成。总体上说，2009-2010 年



表 4 2010 年 MIM 项目土壤样品测试结果

省份	地区	合作组织	粘粒	砾粒	砂粒	pH (KCl)	CEC	P	K	Ca	Mg
Sofala	Gorongosa	Nhauranga	10	8	82	4.6	2.2	3	133	256	62
		Tendene Pabhozi	6	9	85	4.4	4.7	69	150	593	138
	Nhamatanda	Fambidzai	12	23	65	4.8	10.2	11	211	1,280	387
Manica	Gondola	Luta c/ Pobreza	20	34	46	4.9	16.2	10	159	2,250	519
		16 de Junho	12	11	77	4.3	2.9	4	85	340	87
	Zembe	7 Abril	12	19	69	4.4	2.7	5	164	294	59
	Manica	Chinhamacungo	10	10	80	4.2	1.7	20	84	143	24
		Ifuma Ichungo	14	12	74	4.6	4.4	2	112	489	196
	Sussundenga	Muve	12	9	79	5.2	6.6	3	163	975	141
Tete	Catandica	Matchipisse	N/S	N/S	N/S	4.5	2.7	5	114	319	74
		Viramite	10	1	89	5.7	7.1	56	111	1,140	125
	Macanga	Titandizane	16	11	73	4.3	3.0	22	114	320	92
		Muenze	8	12	80	4.5	1.6	30	79	167	35
	Angonia	Umodzi	8	16	76	4.8	11.0	4	158	1,300	481
		Tiguirane Ne Manja	16	11	73	4.6	4.9	1	188	595	165
Zobue	Antechito Achiambe	4	13	83	5.2	3.6	35	92	538	77	

的产量比前一年要低。因为 2010 年开春，试验地地区降雨量非常不规律（参见表 5）。

8 个收获产量的处理的结果见图 1。在降雨非常不规律的情况系，玉米产量变幅在 1.1~3.3 t/ha 之间。作为在 2 种栽培模式下沿用农民习惯的对照处理，其产量达到 1.1t/ha，跟莫桑比克雨养农业中玉米的产量差不多（低于 1t/ha）。

土壤耕作模式的影响

在几乎所有的 8 个收获的试验点中，保护性耕作的玉米产量都低于传

统习惯耕作模式（表 6）。保护性耕作模式对产量的这种影响可能与第一年实施，因为玉米秸秆还田和次优的杂草控制导致的土壤氮素的移动性下降。以前的研究表明，保护性耕作的优点一般要三年才能显现出来。

改良品种应用的影响

平均起来看，PAN67 仅仅发挥了它 40%的产量潜力（8~9t/ha）。这是因为降雨量少和农民试验田土壤肥力低下的原因。当然，保护性耕作下，在所有的处理中，PAN67 和农民自留种相比都是增产的（表 7）。平均来

看，PAN67 比农民常规种增产 65%。

施肥效应

通过观察每个处理的平均产量可以看出不同施肥处理对产量的影响（表 8）。基施 1-24-12 +6S（+追施尿素）在 50kg/ha 还是 100kg/ha 两种用量下，在每个处理下都是增产的。各地的增产效果不一。在有些地方只有 10%左右的增产，但在另外一些地方（比如 Sofala 地区），增产竟然达到 200%。每公顷施一袋肥料（50kg）的处理比农民处理（自留种 + 常规耕作 + 不施肥）增产 44%（540kg/ha）。施 2 袋肥料（100kg/ha），



处理 1 小区：农民自留种不施肥。摄影：O. Goujard；



处理 6 小区：杂交品种+100kg/ha 施肥。摄影 O. Goujard



玉米产量几乎翻番（94.2%）。保护性耕作+自留种和杂交种+保护性耕作，也表现出类似的趋势。从数据来看，耕作制度和种子质量对施肥似乎没有正面或者负面的影响。

经济分析

毛收入

莫桑比克农民种植玉米产量一般在 1.0t./ha。但收入却因为地区的不同和时间的不同而不同。收购商总是试图在刚收割有大量玉米积压时用最低价格收购。收割后价格一般会上升。据报道，2010 年玉米收割季节收购价就是 1kg 玉米 6MTs。如果用汇率 37.2MTs/USD（2010 年 8 月，25MTs/USD），农民可以获得 161.29 美元/t。各处理的毛收入可以参加表 9。

投入

农资产品投入每年都不一样。拿肥料来说，2008-2009 年度和 2009-2010 年度相比，基施肥料（12-24-12+6S）下降了 60%，追肥（尿素 46%）下降了 30%。不同的年份，美元与莫桑比克梅蒂卡尔（MTs）货币汇率波动也是重要的影响因素。表 9 描述了 MIM 实验方案中各个处理的总投入成本。

毛利率

毛利率等于总收入减去种植成本，在此，仅把投入成本作为总成本中的变量。

一般小农场主都会有大约 1 公顷的玉米田，家庭劳动力能尽可能减少雇佣劳动力的成本，因此管理多个处理试验田的劳动成本不能够代表实际劳动成本。家庭劳动力意味着更低的成本，因为其机会成本会更低。根据实验方案，施用肥

表 5 2010 年 MIM 试验区降雨量情况 (mm)

省份	地区	月降雨量						总降雨量
		1月	2月	3月	4月	5月	6月	
Manica	Barue	204	496	138	162	0	0	1,001
	Gondola	32	294	78	13	5.5	6	429
	Manica	79	334	139	96	7	0	655
	Sussundenga	17	172	168	145	10	0	513
Sofala	Gorongosa	155	125	145	204	148	12	789
	Nhamatanda	52	30	60	27	19	6	200
Tete	Angónia	112	249	98	24	0	0	483
	Macanga	32	386	159	98	7	6	689
	Moatize	-----No data-----						
	Tsangano	-----No data-----						

表 6 耕作方式对玉米产量的影响 (8 个试验点的平均值)

处理	保护性耕作平均 (t/ha)	传统性耕作平均 (t/ha)	保护性耕作平均与传统性耕作相比 (%)
T ₁	1.11	1.18	-5.43
T ₂	1.55	1.71	-9.08
T ₃	2.1	2.28	-8.16
T ₄	1.67	2.05	-18.54
T ₅	2.69	2.98	-9.79
T ₆	3.11	3.34	-7.14
平均	2.04	2.26	-9.68

表 7 2010 年种子和施肥在两种耕作模式下对玉米产量的影响

施肥处理	耕作模式	平均产量 (t/ha)		产量变化 (%)
		农民自留种	杂交种 (PAN67)	
不施肥	保护性耕作	1.22	1.55	+36
	传统耕作	1.21	1.92	+61
50 kg NPK+50 kg 尿素	保护性耕作	1.67	2.75	+68
	传统耕作	1.75	3.04	+73
100kg NPK+100 kg 尿素	保护性耕作	2.15	3.18	+51
	传统耕作	2.35	3.44	+47
平均		1.73	2.65	+65

表 8 2010 年施肥对两种耕作制度下玉米产量的影响

耕作制度	对照 (不施肥)	50kgNPK+50kg 尿素		100kgNPK+100kg 尿素			
		1	2	3	4	5	6
	t/ha	t/ha	与第 2 列比 (%)	t/ha	与第 2 列比 (%)	与第 3 列比 (%)	
农民自留种	保护性耕作	1.22	1.67	+36.9	2.15	+76.2	+28.7
	传统耕作	1.21	1.75	+44.6	2.35	+94.2	+34.3
杂交种	保护性耕作	1.55	2.75	+77.4	3.18	+105.2	+150
	传统耕作	1.92	3.04	+58.3	3.44	+79.2	+13.2
平均	1.48	2.30	+56.1	2.78	+88.5	+20.7	

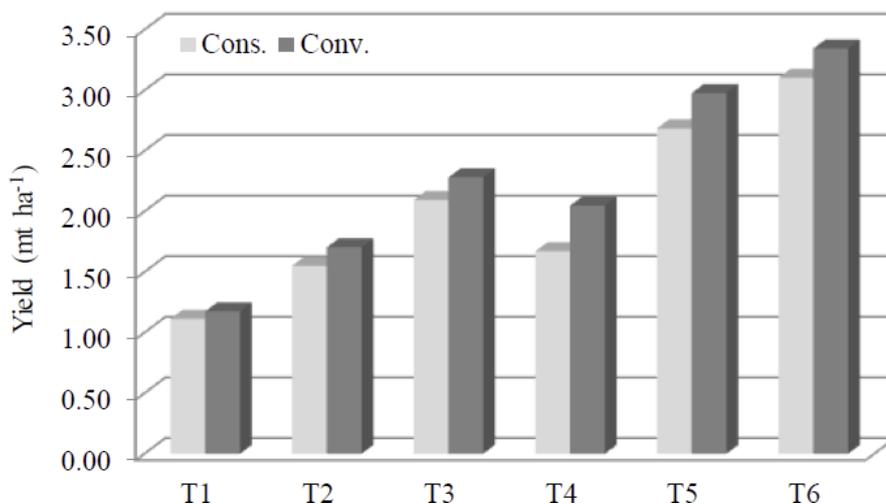


图 1. MIM 示范项目 2010 年玉米总体平均产量图

料和除草剂，除草和其他种植方式对劳动力也有不同要求。此外，也可以通过机械，牲畜和人力进行耕作。

MIM 方案中毛利率计算结果如表 9 所示，对照处理(T1+传统耕作)是当前农民在莫桑比克的收益，为 6687 MTs/ha，约合 180 USD /ha（随着汇率变化会有一些浮动）。如图 2 所示，毛利率随着投入量的增加而增加。毛利率最高的两个处理采用传统的耕作方式，种植杂交品种+施肥，每公顷施肥投入为 373 USD，施用量为 50kg (T5) 和 368USD，施用量为 100kg

(T6)。与 T4（不施肥）相比，T5 与 T6 施肥处理产量增加显著，但不同肥料施用量之间差异不显著。对于保护性耕作来说，50kg/ha 和 100kg/ha 不同施肥量差异显著。

农民田间日和结果交流

种植期间（2月-4月）在一些实验地开展农民田间日活动。主题是邀请农民组织的农民来让他们亲身体会施肥和好种子等先进的农业技术所带来的好处。此外，通过农民田间日活动，还建立农民和投入产出市场

的联系。

2011 年，从 15 个试验田选出 3 个开展农民田间日活动，每次参加的农民有 180-200 个。农民组织是 MIM 计划的合作成员，每个试验田的结果都会和农民组织的所有成员分享。因此，MIM 试验田直接或间接影响到不少于 3200 个小农场主，这些小农场主能学习到相关知识和获得相关市场渠道。

对今后活动的建议

针对下一个季度，MIM 计划打算从 15 个示范田增加到 30 个，从而加强农业集约式技术的推广。在每个地区，建立 3 个示范点，这样，在某种程度上，可以将这些试验结果看作是一个重复，供数据分析用。对于不同的农业气候地区（莫桑比克农科院；HAM 分类法），计划根据 HAM 所提供的推荐施肥量来施肥。HAM 的推荐施肥量是根据在实验室对土壤进行分析得到的，具体如下：

- T1：不施肥+农民自留种
- T2：50%推荐施肥量+农民自留种
- T3：100%推荐施肥量+农民自留种

表 9 不同处理的经济效益分析

处理	耕作制度	平均产量 kg ha ⁻¹	毛收入 ⁽¹⁾	投入				总投入	净收入	合美元 US\$	
				种子	NPK 12-24-12+6S	尿素 46%	草甘膦 除草剂				
T1	自留种不施肥	保护性耕作	1,114	6,683	363	0	0	2,210	2,573	4,110	110
		传统耕作	1,175	7,050	363	0	0	0	363	6,687	180
T2	自留种 +50kg NPKS 50kg 尿素	保护性耕作	1,551	9,308	363	840	1,530	2,210	4,943	4,365	117
		传统耕作	1,704	10,223	363	840	1,530	0	2,733	7,490	201
T3	自留种 +100kg NPKS+100kg 尿 素	保护性耕作	2,094	12,563	363	1,680	3,060	2,210	7,313	5,250	141
		传统耕作	2,281	13,688	363	1,680	3,060	0	5,103	8,585	230
T4	杂交种不施肥	保护性耕作	1,671	10,028	1,625	0	0	2,210	3,835	6,193	166
		传统耕作	2,047	12,285	1,625	0	0	0	1,625	10,660	287
T5	杂交种 +50kg NPKS+50kg 尿素	保护性耕作	2,685	16,110	1,625	840	1,530	2,210	6,205	9,905	266
		传统耕作	2,976	17,858	1,625	840	1,530	0	3,995	13,863	373
T6	杂交种 +100kg NPKS+100kg 尿 素	保护性耕作	3,102	18,615	1,625	1,680	3,060	2,210	8,575	10,040	270
		传统耕作	3,344	20,063	1,625	1,680	3,060	0	6,365	13,698	368

⁽¹⁾ 1kg 玉米售价按 6 MTs 计算。

- T4: 杂交种子 (PAN67) 不施肥
- T5: 50% 推荐施肥量 + 杂交种子 (PAN67)
- T6: 100% 推荐施肥量 + 杂交种子 (PAN67)

T1-T6 分传统和保护性耕作这两种耕作方式种植。

此外,有重复的3个完整的实验与HAM合作完成,这样可以验证各个大量营养元素(氮磷钾)的产量效应。

MIM计划的其他活动:

- 训练与农业技术和农业商业相关的商人
- 训练与农业技术相关的推广机构和协会人员
- 获得下次种植时期所需的投入
- 选择新的参与示范的农民合作组织和确定新的试验田(有赖于审核通过试验田从15个增加到30个的计划)
- 加强与HAM的联系,并交流经验
- 建立便捷的农资供给商—农民—

农产品买家的市场桥梁(价值和供给链)

结论和建议

MIM计划目的在于通过施肥、改进种子和提高管理方式来提高玉米产量,从而提高莫桑比克小农场主的生活水平。

初期实验表明,在2009-2010期间的8个试验田,施用NPK复合肥和种植杂交种子能够明显提高玉米产量(最大增幅达200%)。尽管对于当地小农场主来说,这些投入是不少的开支,但经济分析表明这些投入会带来更大的经济效益。

技术推广是南部非洲地区的重大问题,也是MIM项目的重要内容。小农场主初期通过示范学到相关知识,然后通过农技推广机构组织的农民田间日等活动也很重要。这种在农民之间的交流讨论的网络能加速农业技术和实践经验的交流和推广。

玉米种植一般是为了解决粮食问题,但MIM计划另一个关注的方面是把这种生产转化为玉米商品化种

植。在农民田间日,农民与农资供给商和玉米买家之间建立联系,农民获得价值增长链和农资供给链的渠道。在项目实施地区和莫桑比克的其他地区,与其他机构(推广机构、农民组织和发展组织,例如IFDC, AGRA)建立一个能加强整个玉米增值价值和农资供给链的互动的良好环境。

“莫桑比克集约化种植玉米示范项目:向农民示范更优作物和土壤管理的好处”可以在IPI网站“[区域活动/南部非洲地区](#)”在线阅读。



农民合作社成员开会。摄影: O. Goujard。

研究报告

中国水溶性肥料发展状况—来自第二届国际水溶性肥料高层论坛的简要报道

田有国⁽¹⁾⁽²⁾，吴江⁽³⁾和张番⁽³⁾

2011年6月13日至15日，中华合作时报旗下的中国农资传媒和中国农科院肥料应用工程技术研究中心，在中国新疆维吾尔自治区首府乌鲁木齐市联合举办了第二届国际水溶性肥料高层论坛。来自中国农科院、全国农技中心、国家化肥质检中心（北京）、国家化肥质检中心（上海）、中国农业大学和华南农业大学等科研、教学和技术推广单位的20名专家学者，以及相关肥料生产和营销行业的代表，共200多名参加了论坛活动。

自从1974年第一套滴灌设备从墨西哥引进中国以来，中国就一直非常重视微灌系统（MIS）的发展。但是，一直到1990年代后期，MIS和施肥的结合应用的并不广泛。灌溉施肥在中国的发展起始于2000年代早期。2000年至2004年，中国农业部全国农业技术推广服务中心与IPI合作在中国每年举办一次灌溉施肥技术国际培训班，以及随后在2005年合作第一次在中国举办国际灌溉施肥技术学术研讨会。这些活动为推动灌溉施肥技术在中国的应用在人才培养、技术引进和示范展示等方面起到了巨大作用。

近年来，中国政府投资了数以亿计的经费，用于灌溉施肥技术研究和设备的生产、灌溉施肥技术的展示和



大会会场。摄影：周文军，中国农资传媒。

示范推广，以及适用于灌溉施肥的肥料的研究。中国现在有超过30家生产灌溉施肥相关设备的厂家，产品类型基本覆盖了所有灌溉施肥需要的设备。新疆天业节水灌溉系统公司是其中有影响的一家企业，它拥有200条生产线，每年生产15亿米的滴灌带。

近年来，中国微灌系统（MIS）的应用面积也不断扩大。例如，新疆地方和新疆生产建设兵团现在就有2400万亩（相当于160万公顷）的膜下滴灌面积，种植作物主要有棉花、土豆，甚至小麦。最为重要的是，新疆所有的膜下滴灌都是配合灌溉施肥的（Fertigation）。

中国最早是在1980年代中期开始，随着复合肥的发展而开始使用水溶肥料。那时，水溶肥料主要指叶面肥，就是喷施在植物叶面的液体或溶于水的肥料。1990年代开始，特别是中国蔬菜生产大省的山东的农民开始在温室大棚施用溶解于水的冲施肥。

2006年以后，农业部发布了4个水溶肥料行业标准，2010年进行了修订。它们是含氮磷钾水溶性肥料（NY117-2010），含腐殖酸的水溶性肥料（NY1106-2010），含微量元素

的水溶性肥料（NY1428-2010）和含氨基酸的水溶性肥料（NY1429-2010）。同时发布的还有水溶性肥料包装技术规范。这些标准和规范，从2006年发布时就一直在不断修订。到2011年5月，有超过180个含大量元素水溶性肥料取得了农业部的登记证书。

近年来，因为水溶性肥料节水、节肥、省工、节约成本、增加产量和提高品质，加上国家发展现代农业的各项优惠政策以及灌溉施肥设施的巨大投入，水溶性肥料得到空前的发展。例如，新疆每年就施用30~40万t水溶性肥料。水溶性肥料的施用从叶面喷施和大棚冲施发展到局部灌溉施肥和水肥一体化。水溶肥生产企业也从中小企业发展到大企业。另外，制造工艺也从简单的复混到添加高附加值的水溶性营养成分。非常明显，水溶性肥料是近10年来中国化学肥料工业发展最快的肥料品种。

尽管发展较快，但应该说中国的水溶性肥料，特别是水肥一体化技术，还是处于起步阶段，还有很大的上升空间。这次研讨会也就此提出了很好的建议。第一，肥料生产企业和科研机构，应该研究和开发更多更新的适合水肥一体化的水溶性肥料新

⁽¹⁾ 通讯作者：tianyouguo@agri.gov.cn。

⁽²⁾ 中国农业部全国农业技术推广服务中心。

⁽³⁾ 中国农资传媒。

品种。第二，肥料生产企业应该加大力度，生产更多适合水肥一体化的高品质水溶性肥料，以满足水肥一体化的发展的巨大需要。第三，水溶性肥料的发展需要肥料生产企业、科研机构 and 农技推广部门的更多的合作。肥料生产企业应该更多地了解灌溉的相关知识，特别是灌溉与水溶性肥料相互适应的特点。肥料供应商应该向农民提供完整的水肥一体化的解决方案，提供更好的技术、产品和服务。农业技术推广体系的参与对促进中国水溶性肥料非常重要。第四，行业管理部门应该建立专门的适用于水肥一体化技术的水溶性肥料技术标

准，强化登记管理和质量评价。最后，政府应该出台优惠政策，鼓励农民使用水肥一体化技术和水溶性肥料，加强水溶性肥料的市场监管，保证水溶性肥料质量。

“中国的灌溉面积现在大约占有 1.3 亿公顷耕地的 50%。根据政府部门的相关规划，到 2030 年，灌溉面积要增加 25%。同时，水溶性肥料现在不到中国全部肥料用量的 1%。考虑到正常情况下，水肥一体化技术可以节水 60%，节地 5%，节肥 40%，省工 70%和增产 30%这一明显优势，水溶性肥料将有非常大的发展。这次论坛提供了一个良好的机会，让政府

官员、科研人员、农业技术推广人员和肥料生产企业聚集一堂，效果非常好。”中国农业科学院土壤肥料研究所所长王道龙博士说，“我充分相信这次论坛将极大地促进中国节水农业和节肥技术的发展，推动水溶性肥料生产和应用的科技进步。”

“中国水溶性肥料发展状况——来自第二届国际水溶性肥料高层论坛的简要报道”可以在国际钾肥研究所网站的“[区域活动/中国](#)”栏目浏览阅读。

国际钾肥研究所 (IPI) 和中国农业部全国农技中心 (NATESC) 在推动中国灌溉施肥发展方面开展的活动

从 1999 年到 2005 年，IPI 和 NATESC 合作，在中国开展了一系列的引进和展示示范灌溉施肥技术的活动。主要是一年一度的灌溉施肥国际培训班。每次培训班都邀请国内外的专家授课，培训内容既重视基本理论，更偏重实践经验的介绍和手把手的培训。参加培训的有数百人，主要是省级农业技术推广部门，特别是各省土肥系统的技术人员，也有部分肥料生产营销企业和灌溉公司的技术人员。

在执行这些培训活动和其他的试验示范项目的同时，我们编辑出版了一些相关的技术书籍和资料，部分还有中文版本，现在这些资料在 IPI 的网上都能看到：

- 灌溉施肥技术：水肥管理的最优方法。是一本灌溉施肥论文集，182 页，ISBN 978-3-9523243-8-7。主编 P. Imas 和 M.R. Price。全部论文选自国际钾肥研究所、中国农业部全国农技中心、中国农科院和中国农大共同举办，2005 年 9 月 20-24 日在北京召开的中国国际灌溉施肥高层论坛。点击 IPI 网址 <http://www.ipipotash.org/publications/detail.php?i=269> 可以获得详细信息。
- 灌溉施肥技术报告 (PPT)。国际钾肥研究所、中国农业部全国农技中心、中国农科院和中国农大共同举办的中国国际灌溉施肥高层论坛上所有中外专家的报告，可以点击 IPI 网址 <http://www.ipipotash.org/speech/index.php?ev=54> 获得详细信息。
- 灌溉施肥技术。作者张承林，来自中国的华南农业大学资源与环境学院，广州，510640。2006 年中国化工出版社出版。这本技术书籍是 IPI 资助的。要想获得该书，可以与张承林博士联系。电话：86-20-85281822。
- 灌溉施肥及其在中国的实践。田有国和 Hillel Magen (IPI) 主编。115 页。中文。8 个彩色插页。2003 年中国农业出版社出版。要想获得该书，可以与田有国博士联系。E-mail: tianyouguo@agri.gov.cn。也可以点击网址 <http://www.ipipotash.org/publications/detail.php?i=79> 获得详细信息。
- 灌溉施肥技术 (小册子)。2010 年出版。P. Imas、田有国、H. Magen 编。8 页。中文。DOI: 10.3235/978-3-905887-04-4。点击网址 <http://www.ipipotash.org/publications/detail.php?i=312> 可以下载。
- 中国山东苹果幼树的灌溉施肥管理试验研究。作者：阎鹏、彭世琪、田有国、S. Ivanova and H. Magen (IPI)。2008 年出版。国际肥料通讯电子杂志 (e-ifc) 第 18 期。点击网址 <http://www.ipipotash.org/eifc/2008/18/2> 可以下载。

IPI 活动**匈牙利的 IPI 钾素贡献奖**

这是近年来的第四次，IPI 在匈牙利向从事钾素研究的最优秀的年轻的科学家颁奖。有 12 位本科生 2011 年 9 月间向评审委员会提交了论文和申奖报告。评审委员会从中选出了 3 位最优秀的候选人获奖。他们是：

一等奖获得者：Máté Mihály，布达佩斯考文纽斯大学（Corvinus University of Budapest）。获奖论文：施钾对甜椒生长的影响研究。

指导老师：Katalin Slezák 博士

二等奖获得者：Péter Varga，潘诺尼亚农业大学（Pannon University, Keszthely）。获奖论文：非平衡施肥对马铃薯的影响研究。

指导老师：Katalin Sárdi 教授

三等奖获得者：János Tóth，Szent István University, Gödöllő。获奖论文：提高春播洋葱钾肥基施比例的影响研究。

指导老师：habil. Attila Ombódi 教授

IPI 计划出版一本专门的小册子，用英文和匈牙利文双语发表这三位获奖者的论文摘要，以及论文的插图和表格。当然，这本小册子还会包括以前的获奖者的论文。

2011年10月

可持续高产高效施钾国际学术论坛。2011 年 10 月 27-29 日在斯里兰卡 Kandy 召开。会议由 IPI 和斯里兰卡农业部、斯里兰卡 Sri Jayewardenepura 大学共同举办。孟加拉肥料协会（BFA）和印度肥料协会（FAI）协办。欲了解更多详情，请访问 [IPI 网站](#)，或与 IPI 东印度、孟加拉和斯里兰卡项目协调员 [Baladzhoti Tirugnanasotkhi 博士](#) 联系。

2012年7月

中国土壤和作物系统中的钾素管理国际研讨会。2012 年 7 月 24-27 日在中国四川成都召开。由国际钾肥研究所和中国科学院南京土壤研究所、中国农业大学共同举办。想了解更多详细情况，请访问 [IPI 网站](#) 或者与 IPI 中国项目协调员 [Mr. Eldad Sokolowski](#) 先生联系。

其他学术活动**2011年10月**

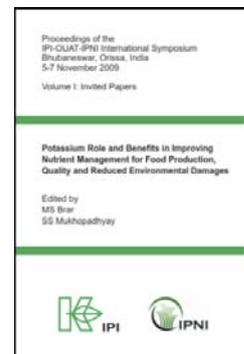
第 10 届非洲作物科学协会学术研讨会。Joaquim Chissano 国际会议中心，2011 年 10 月 10-13 日在莫桑比克 Maputo 市召开。欲了解更多详情，请访问 [IPI 网站](#)。

2012年5月

2012 年以色列农业技术博览会暨第 18 届国际农业展览。2012 年 5 月在以色列特拉维夫召开。2012 年以色列农业技术博览会是全球农业技术交流展览领域最重要的活动。展览期间将召开国际农用塑料协会（CIPA）的会议。欲了解更多详情，请访问 [Agritech 会议网站](#)。

最新出版物

IPI-OUAT-IPNI 国际学术研讨会论文集。研讨会是 2009 年 11 月 5 日~7 日在印度奥里萨邦（Orissa）Bhubaneswar

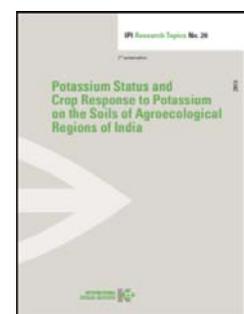


召开的。研讨会的主题是钾素对提高食物产量、品质和减少环境破坏的作用和效果。这次研讨会是由 IPI、国际植物营养研究所（IPNI）和奥里萨邦农业和技术大学（OUAT）共同主办的。论文集 2010 年出版，分 2 卷。第一卷：特邀报告，638 页，ISBN：978-3-905887-05-1；DOI：10.3235/978-3-905887-05-1。第二卷：其他论文摘要，396 页，ISBN：978-3-905887-01-3；DOI：10.3235/978-3-905887-01-3。M. S. Brar and S. S. Mukhopadhyay 共同主编。电子版可以从 [IPI 网站](#) 下载这个论文集。想要纸质版的，请与 M. S. Brar 博士联系，地址：130-B, Rajguru Nagar, Ludhiana-141012, India, e-mail: brarms@yahoo.co.in。

IPI 第 20 号专题研究报告（第二版）：印度农业生态区土壤钾素状态和作物施钾效应。

2011. 185 页。

作者：A. Subba Rao, Ch. Srinivasarao, 和 S. Srivastava。ISBN：978-3-905887-02-0；DOI 10.3235/978-3-905887-02-0。第一版是 1996 年出版的。第二版对印度





广大的农业生态区施钾效应制图和其他工作都做了更新。作者详细介绍了不同形态土壤钾素、施钾效应潜力以及对每个区域的施钾推荐。由于印度不同农业生态区差异很大，所以此书对科学家和农技推广人员优化钾素施用是非常有用的。下载电子版或者订购纸质版可以点击 [IPI 网站](http://www.pda.org.uk)。

钾盐发展协会 (PDA) 的出版物



钾盐发展协会 (PDA) 钾盐发展协会 (Potash

Development Association) 成立于 1984 年, 是一个独立组织, 其目的在于为英国的土壤肥力、植物营养和肥料特别是钾肥的施用提供技术支持和施肥建议。参见: www.pda.org.uk。

注: PDA 纸质出版物只能在英国和爱尔兰可以获得。

不同作物的钾素养分需求量。

2011 年 7 月出版。作物施钾推荐一般都是参照作物收获时带走的钾素含量来确定的。作物生长过程对钾素的需求的详细信息显示, 必须给予更多关注参见, 以使钾素供应能满足作物对钾的需求。参见 [PDA 网址](http://www.pda.org.uk)。

钾素文献

有机农业和传统农业模式中土壤有机质和非豆科作物产量水平之间的关系 Brock, C., A. Fließbach, H. R. Oberholzer, F. Schulz, K. Wiesinger, F. Reinicke, W. Koch, B. Pallutt, B. Dittman, J. Zimmer, K. J. Hülsbergen, G. Leithold. 2011. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 174(4): 568 - 575, August 2011. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jpln.201000272/abstract>

摘要:

本文研究的目的是发现在有机农业和传统农业各自的特定条件下, 非豆科作物产量水平和土壤有机质 (SOM) 之间的交互关系, 找出考虑不同农业模式 (有机农业和传统农业模式) 情况下的土壤有机质管理措施。为此, 从德国和瑞士的 7 个长期田间试验中选取试验处理的原始数据, 分析了非豆科作物产量、实际土壤有机质含量 (C_{org} , N_t , C_{hwe} , N_{hwe}) 及土壤有机质含量提升的相关性。非豆科作物的产量水平和土壤有机质含量水平呈正相关, 但该相关性只在有机农业模式中呈显著, 在传统农业模式处理中则无显著性。然而, 土壤有机质的绝对含量水平对非豆科作物产量水平有正影响, 非豆科作物的产量水平和土壤有机质含量的提升呈负相关性。土壤有机质矿化和非豆科作物的高产都需要增加氮的投入, 因此, 这就自然需要提高有机质的供应来维持土壤有机质含量。由于该显著性只在没有施用 N 肥的耕作情况下存在, 而在施用 N 肥的耕作情况下则没有发现, 因此, 我们认为不管是从农艺还是从生态这两方面来看, 维持或提升土壤有机质含量水平和采取适当土壤有机质的管理措施, 对于有机农业作物产量都有着十分重要的作用。传统管理模式中土壤有机质管理的相关农艺措施所提供的养分要远低于有机管理模式中能提供的养分。然而, 必须要注意的是, 在我们的研究中, 排除了其他一些土壤有机质的影响, 而这些有机质可能会与传统农业模式有很好的相关性。

过去 30 年中国土壤科学主要领域研究进展综述 Zhao, Q. G., J. Z. He, X. Y. Yan, B. Zhang, G. L. Zhang, and Z. C. Cai. *Pedosphere* 21(1): 1-10, 2011.

摘要:

由于耕地减少和人口持续增长, 中国土壤科学家面临着集约化利用条件下, 保障粮食安全、减少环境负面影响、持续甚至提高土壤生产力的严峻挑战。为了推进土壤科学知识的利用, 本文综述了过去 30 年中, 土壤科学家在中国土壤资源利用和管理、土壤肥料、全球变化和土壤生物学等方面取得的成就。在该阶段, 土壤资源的研究为中国土壤资源的开发和利用提供了科技支撑, 同时, 通过引入土壤系统分类等理论和遥感等技术发展了自己。土壤肥力的研究为缓解或消除限制土壤养分和水分有效性的物理和化学障碍因素、认识农田生态系统养分循环和提高养分利用率, 以实现作物生产可持续发展做出了贡献。中国土壤科学家为认识农田在全球变化中的作用, 特别是在稻田甲烷和氧化亚氮排放, 水稻/小麦轮作生态系统对大气二氧化碳和臭氧浓度升高的响应等方面做出了重大贡献。土壤生物学的研究在固氮微生物、土壤动物分布和污染土壤的生物修复等方面也取得了长足的进展。过去 30 年里, 成长了新一代的土壤科学家。本文还讨论了新一代土壤科学家在理论联系实际方面存在的差距。

长期施钾对中国小麦-玉米轮作制度作物产量、钾素效率和平衡的影响 Zhang, H. M., X. Y. Yang, X. H. He, M. G. Xu, S. M. Huang, H. Liu, and B. R. Wang. *Pedosphere* 21(2): 154-163, 2011.

摘要:

不同土壤钾素的可持续管理, 需要掌握地区或国家尺度的作物产量和长期施钾之间的关系。我们分析了中国 5 个不同的农业生态区域中施用



K 肥 15 年 (1990–2005) 和 18 年 (1990–2008), 小麦 (*Triticum aestivum* L.) 和玉米 (*Zea mays* L.) 的谷物产量、K 效率和部分养分平衡 (肥料带来的 K 的输入和地上部分作物带走的 K 之间的差值)。相比无机氮 (N) 和磷 (P) 肥, 无机氮磷钾肥显著提高小麦和玉米的谷物产量, 其中, 提高小麦产量 20%, 提高祁阳 (Qiyang) 和昌平 (Changping) 玉米产量 16%–72%, 这两个地方的土壤中存在低交换性钾和非交换性钾, 但乌鲁木齐 (Urumqi)、杨凌 (Yangling) 和郑州 (Zhengzhou) 的玉米产量没有提高, 这些地方土壤存在高交换性钾和非交换性钾, 有的作物中 N/K 值较低。和无机氮磷钾肥料相比, 无机氮磷钾肥 (30%N) 和有机肥 (70%N) 混合成的肥料 (NPKM), 提高了 4 个地区的小麦产量 14%–40%, 提高玉米产量 9%–61%, 而在郑州没有该效果。当小麦产量达 2–5t/ha、玉米产量达 3–6t/ha 时, 每生产 1t 的小麦或玉米需投入 K 为 13–26 或 9–17kg/ha。氮磷钾肥 K 的负平衡最低, 累计的钾为 52kg/ha, 少于 NPK 肥, 每年累计 28kg/ha, 比 NPKM 肥少。目前, 亟需对定点施肥效果对于作物中 N/K 比例的影响和目前施用 NPK 和 NPKM 肥情况下土壤钾累积情况进行研究, 提高中国不同农业生态地区的作物产量和钾素效率。

K 素和 N 素养分对花毛茛功效和产量的影响 Bernstein, N., M. Ioffe, G. Luria, M. Bruner, Y. Nishri, S. Philosoph-Hadas, S. Salim, I. Dori, and E. Matan. *Pedosphere* 21(3):288–301, 2011.

摘要:

钾能影响植物的一系列生理过程, 是控制作物产量和品质的主要因素。关于钾素养分如何影响鲜切花功

能方面的资料很少。本文研究了 K 和 N 营养元素的相互作用对花毛茛 (*Ranunculus asiaticus* L) 花的品质的影响。本文设计了 3 个钾的灌溉施肥的处理 (60、120、180mgK/L), 同时施用氮肥 50mgN/L, 再选取 3 个钾处理的中间浓度水平 (120mgK/L), 施用三种浓度水平的氮肥 (50、100、150mgN/L)。通过试验发现, 2 个最低的 K 处理和 1 个最低的 N 处理的植株的茎倒伏发生率较低, 花的产量较高。倒伏与当地钙的亏缺导致植物组织的过快膨大有关。施用 180mgK/L 和 50mgN/L 对作物品质有着十分明显不利影响, 这种不利影响与渗透势、相对含水量、植物组织膜稳定性或叶片矿物质含量的变化均无关, 而主要是因为氮施用量过高降低了钙元素含量。我们的结果表明, 花毛茛 (*Ranunculus asiaticus* L) 对 K 和 N 的养分需求量较低。施用高浓度的钾和氮肥会使得植株的组织水分缺失, 导致花品质降低。过多施用氮肥和钾肥还会使有效钙含量降低, 导致花茎膨大, 从而发生倒伏。

土壤磷钾钙镁的联合浸提和南部巴西作物施钾推荐 Bortolon, L., C. Gianello, S. Welter, R. G. O. Almeida, and E. Giasson. *Pedosphere* 21(3):365–372, 2011.

摘要:

多元素的联合浸提法正在全世界得到逐步推广, 从而提高土壤实验室的检测质量和效率。本文研究了 M1 法、M3 法和离子交换树脂法土壤有效磷、有效钾、有效钙、有效镁联合浸提效果, 以及对作物养分推荐中所使用换算公式的影响。采集了巴西南部地区种植作物的最典型的土壤类型 0–20cm 的表层土样, 他们的化学、物理和矿物质特性变化范围很大。用

1.0mol/L 的 KCl、M1 和 M3 溶液及离子交换树脂联合浸提土壤中的磷、钾、钙和镁。用 M1 法浸提出的磷含量比离子交换树脂和 M3 法浸提出来的量平均要低 50%。但离子交换树脂法浸提出来的钾、钙和镁的量却最少。浸提法得出的结果也适用于传统的养分推荐计算公式, 不会改变巴西南部地区种植作物的钾推荐。

哈里亚纳邦灌溉农业生态系统中水稻的养分利用模式 Lathwal, O. P. *Indian J. Fert.* 7(8):44–49, 2011.

摘要:

2008 年, 通过对可能种植水稻的库卢谢特拉 (哈里亚纳邦) 进行了广泛的调查, 研究了水稻品种的分布和养分使用模式。研究表明, 60% 的农户种植巴斯马蒂 (basmati) 稻, 播种面积占总水稻播种面积的 57%。其余的农户则种植矮化杂交等糙米稻。矮秆型水稻的产量比杂交品种的要高。虽然传统的巴斯马蒂香米的市场售价更高, 但由于包括普通品种在内的改良的巴斯马蒂品种的产量更高, 所以有 42% 的农户选择了后者进行种植。约有 20%–22% 的农户施用氮肥量为 86–115kgN/ha, 施用面积占总面积的 19%–25%, 但是, 更多的农户 (25%–43%) 施用氮肥过量 (172.5 N/ha), 施用面积也更大, 占总面积的 22%–48%, 这样的过量施肥并没有提高矮秆稻品种的产量。与氮利用模式相反, 种植矮秆稻品种的农户中, 有 32%–43% 的农户在 25%–27% 的播种面积上的磷施用量只占推荐磷用量的一半, 57%–68% 的农户在 51%–64% 的播种面积上的磷肥用量达到了推荐用量, 为 57.5kgP₂O₅/ha。虽然种植



矮秆稻和巴斯马蹄稻的耕地中钾的含量达到 37.5kgK₂O/ha, 但大部分农户并没有施用钾肥。81%~84%的农户种植矮秆稻和巴斯马蹄稻时硫酸锌肥用量为推荐用量 (25kgZnSO₄/ha)。同矮秆稻肥料施用情况一样, 42%~56%的种植巴斯马蹄稻的农户氮肥用量过量, 且导致了作物的减产。35%~69%的农户的磷肥用量超过了 1 倍。

相关阅读

[作物和牧草科学 \(Crop and Pasture Science\) 62\(7\):550-555.](#) 干旱条件下钾素累积和渗透压的变化导致小麦基因型的变异. Damon, P. M., Q. F. Ma, and Z. Rengel.

[土壤研究 \(Soil Research\) 49\(5\):455-461.](#) 堆肥覆盖对土壤和酿酒葡萄钾素含量的影响. Chan, K. Y., and D. J. Fahey.

[土壤研究 \(Soil Research\) 49\(6\):538-546.](#) Na-Ca 交换和 SAR-ESP 关系对钾离子的影响. Laurenson, S., E. Smith, N. S. Bolan, and M. McCarthy.

植物营养学报 (Journal of Plant Nutrition) 34:1675-1689, 2011. 干旱条件下施钾对非结瘤、结瘤和超级结瘤基因型大豆的效应. M. T. Abdelhamid, H. A. Kamel, and M. G. Dawood.

更多的钾素文献, 请参见 [IPI 网站](#)。
注: 钾素文献部分的所有摘要都得到了版权所有人的授权。

说明: 在相关阅读部分的所有内容都会出现在我们的 [Twitter](#) 中。敬请关注 [twitter](#)。

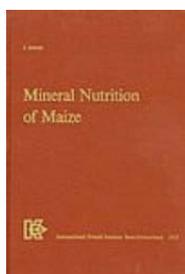
信息公告

IPI 在线图书馆开通

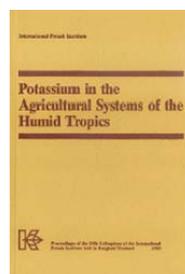
IPI 最近完成了一件工程宏大影响深远的大事, 将 IPI 早期以来的绝大多数的 IPI 出版物都进行了扫描, 制作了电子版出版物。我们意识到将这些很有价值的文献变成满是灰尘的书架上是非常不明智的。所以, 我们花了很大的功夫进行扫描并上传到网站上供更多人能够阅读。

请访问 [IPI 官方网站出版物](#) 栏目, 包括了 20 世纪 60-70 年代的学术论文集、专题研究报告和作物专刊。不是所有的数据都有用, 但我们相信让更多人更容易地看到这些 30~40 年前的科学文献是非常有意义的一件事情。

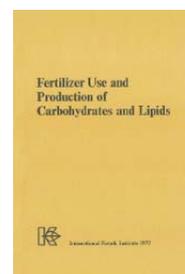
这些出版物, 连同我们 2010 年上传到网站的“钾素文献报道 (1956~1995)”, 我们很高兴地看到我们的在线用户可以方便地访问 IPI 所有的钾素文献。



[玉米矿质营养](#)



[湿热带地区农业系统中的钾素](#)



[施肥与脂类和碳水化合物合成](#)

IPI 前苏联项目协调员 (1993~2003) Vladimir Prokoshev 博士于 2011 年 9 月 26 日去世, 享年 79 岁



Vladimir Prokoshev 博士出生于 1931 年, 1954 年从 Perm 农学院毕业, 之后在离莫斯科不远的 Ramenskaya 农业研究试验站工作了 22 年。他出成果最多的阶段是他在 Lubertsy 农业研究试验站期间, 他在那里取得了博士学位, 博士论文是关于钾肥的农业化学研究 (1984)。Vladimir Prokoshev 博士的主要学术观点都集中在他和 I. P. Deryugin 博士 (2010 年去世) 共同完成了《钾和钾肥》(185 页) 一书中。该书阐述了在俄罗斯除了常规的酸提取土壤钾的测定外, 土壤速效钾和交换性钾 (CaCl₂ 提取) 也应该被测定, 这样才能表征俄罗斯土壤供钾水平。同时, 该书还总结了俄罗斯主要作物施钾的肥料效应情况。

作为该领域的专家, Prokoshev 博士在上世纪 80 年代末, 以及在 1993 年, 被提名俄罗斯钾肥生产商在 IPI 的前苏联项目协调员。在他为 IPI 工作的十年间, 他做了大量的田间试验, 并且发表了很多文章。他在不同农区土壤钾素以及作物施钾效应等方面的研究成果, 无论是对科研还是农技推广以及农民协会等等, 都是最基础和起支撑作用的。他的科研能力和献身精神, 以及他的谦逊和善良诚恳, 得到了他在 IPI 同事的高度赞誉。

我们将永远怀念他, 并且会珍视他留下的科学传统。



国际肥料通讯 (e-*ifc*) 中文版 版权信息:

ISSN 1664-8765 (网络); ISSN 1664-8757 (印刷)

出版者: 国际钾肥研究所 (IPI)

英文版编辑: Ernest A. Kirkby, UK; Susanna Thorp, WRENmedia, UK;
Patrick Harvey, Green-Shoots, UK; Hillel Magen, IPI

中文版主编: 田有国, 全国农技中心, 中国

版式设计: Martha Vacano, IPI

地址: 国际钾肥研究所 (IPI)
P.O.BOX 569
Baumgartlistrasse 17
CH-8810 Horgen, Switzerland

电话: +41 43 8104922

电传: +41 43 8104925

E-Mail: ipi@ipipotash.org

网址: www.ipipotash.org

每季度一刊的国际肥料通讯, 订阅的用户可以通过 E-mail 定期发送, 同时在 IPI 网站上定期发布。

订阅国际肥料通讯电子杂志, 请发送电子邮件到[网站的杂志订阅](#)。退订的, 请点击给您发送的邮件底部的杂志退订链接。

国际钾肥研究所成员公司:

ICL Fertilizers; JSC Belaruskali; JSC Uralkali; K+S KALI GmbH; Tessenderlo Chemie; JSC Belarusian Potash Company (BPC); and JSC International Potash Company (IPC).

Copyright©国际钾肥研究所 (IPI)

IPI 保有其所有出版物和网站内容的版权但是鼓励非商业目的的复制传播。引用有关内容的要注明出处。不用提出特别申请, 也不用付费, IPI 允许用于个人或教育目的而非盈利或商业目的的使用其有关电子或印刷资料, 但必须在材料的首页注明材料来源。对 IPI 不拥有所有权的材料, 如果要复制或使用, 必须要得到其版权所有人的许可。