

e-ifc

国际肥料通讯电子杂志 (e-ifc)
季刊, 国际钾肥研究所 (IPI) 主办

总第31期 | 2012年6月号



编者按

亲爱的读者:

施肥的经济性一直是一个受到广泛关注的问题。“在现在这样的时代,当从事农业生产的条件以及农产品市场都变得困难时,有些人就给农民提建议,说度过难关的最好方法就是减少投入:节约肥料的花费可以降低成本增加收入。他们说过去多年来,产量的提高和施肥量的增加并不完全匹配;目标产量定的过高;在农产品价格下降时,较低的产量是可以接受的,特别是较高的产量将进一步压低农产品价格;没有必要培育土壤肥力,因为这样会导致过量施肥……事实上,只要南非种植玉米,这些观点就是错误的。”这些观点现在听起来还非常熟悉,虽然这段话是摘自南非1980年代IPI钾素评述报告,但与今天的情形依然非常契合。

“毫无疑问,价格是决定施肥模式的重要因素。但是,更重要的因素是技术推广。农民施肥技术指导越好,他们克服产量限制曲线的水平越高。”虽然这句话引自离现在50多年前的1956年发表的IPI钾素评述,这个观点现在仍然非常贴切。

施肥的投资回报率永远是个问题,特别是在肥料价格高企和经济不景气的时候更是这样。施肥效益总是存在不确定性(比如异常天气状况的影响),所以,更多地了解施肥的利用效率非常重要。

通常情况下,减少肥料的施用量会影响作物产量。但是,现在的农民有条件采用更好的手段提高施肥的利用效率,比如更高效的传送系统,监测土壤和作物的营养状况,利用遥感影像和决策支持系统等。通过这些手段,可以有效提高施肥的投资回报率。这样我们可以得到和上面所引述的1956年发表

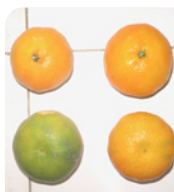
编者按

研究报告 **2**

捷克长期田间试验的营养平衡 **3**
Cermák, P., and M. Smatanová



叶面喷施钾肥对克莱门特柑橘产量和品质的影响 **8**
Hamza, A., A. Bamouh, M. El Guilli, R. Bouabid



施用钾肥对北方邦中心平原地区木豆 (Cajanus cajan)和芥菜(Brassica juncea L. Czern)产量和品质的影响 **16**
Tiwari, D.D., S.B. Pandey, and M.K. Dubey



学术活动 **21**

最新出版物 **22**

钾素文献 **23**

更多阅读 **26**

信息公告 **27**

的文献的同样的结论:农民施肥知识越丰富,越能提高作物产量水平。

祝您阅读愉快!

Hillel Magen
国际钾肥研究所 所长

研究报告



土豆的田间试验, Lipa, 摄影: P.Cermak。

捷克长期田间试验的营养平衡

Cermák, P.⁽¹⁾⁽²⁾, and M. Smatanová⁽³⁾

摘要

长期田间试验提供了一个无价的信息源, 揭示持续多年的特定的施肥量对土壤性质和作物产量的影响。在捷克, 中央农业监督检验测试中心 (CISTA) 管理着在不同土壤和气候条件下建立的长期田间试验。基于这些田间试验获得的数据, 可以计算氮磷钾养分平衡, 从而确定最佳的可持续的高品质作物生产能力的施肥量。结果表明, 获得经济产量同时保持土壤肥力的平均施肥量是每公顷 100~120kg N、30kg P₂O₅ 和 100~150kg K₂O。

引言

在过去的20年中, 在东欧和中欧地区的农业受到政治和经济的极大影响。随着1990年代的共产党统治的垮台, 绝大多数地区的农作物产量减产了20%~30%。在捷克共和国, 这种状况和矿质肥料的施用量下降, 以及由于农场养畜量下降导致的农家肥使用量下降是同时发生的(Klír, 1999; ČSÚ, 1999, 2000)。

从长期的可持续农业的角度看, 整个欧洲的农业生产

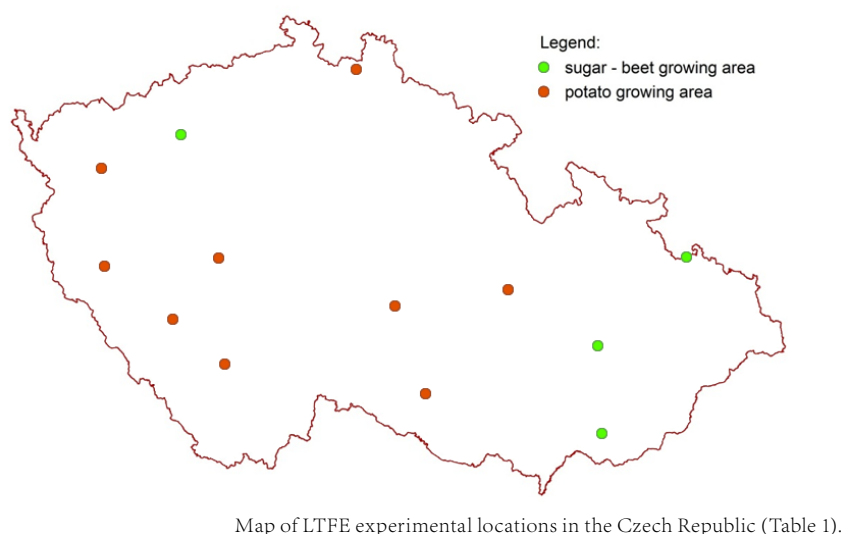
实践都是建立在对土壤基本养分 (N、P、K和Mg) 的施肥补充的基础上的。这样, 在获得产出和较高品质的农产品的同时, 保持了土壤肥力(Douthwaite, 1998)。从可持续发展和经济的观点看, 基于土壤表观平衡 (SSB) 和农场整体平衡 (FGB) 的土壤养分平衡的计算, 是适合用于评价对农业生态系统的影响的, 也为政策制定提供了环境有关的指标(van Beek *et al.*, 2003)。最近, 人们认为长期田间试验 (LTFE) 可以获得非常有价值的有关农业对土壤环境影响的信息, 特别是在较低的施肥量和施用石灰的量导致土壤有效态养分的下降和土壤酸度的升高的今天更是这样。

基于CISTA的长期田间试验, 可以计算出养分平衡, 从而可以获得满足可持续高产优质的最好施肥量。下面我们将讨论一些长期定位试验的科学发现, 以及这些发现与农业生产的相关性。

⁽¹⁾ 通讯作者: pavel.cermak@vurv.cz

⁽²⁾ 作物科学研究所, 布拉格

⁽³⁾ 中央农业监督检验测试中心



Map of LTFE experimental locations in the Czech Republic (Table 1).

材料与方法

试验地基本情况

CISTA从1972年起开始从捷克不同土壤和气候条件下的长期田间试验的13个试验点采集土壤和作物养分数据(表1和图)。这些土壤和气候差异决定了蔗糖和马铃薯的不同种植区域。

- 蔗糖种植区 (SBGA) : 土壤肥力较高, 有利的气候条件 (温度较高)。
- 马铃薯种植区 (PGA) : 土壤肥力较低, 不太有利的气候条件 (温度较低)。

从一些最早也是最老的LTFE试验田里获得的产量观测结果作为估算产量的参数(CU)。测定的项目包括不同施肥量时植物养分浓度和土壤状况。这些数据被用于养分平衡的计算。

施肥和作物轮作

CISTA LTFE的试验设计包括12个施肥组合(重复6次)。作物轮作(1972年-1980年和1981年-1989年两个9年轮作, 1990-1997年和1998年-2005年两个8年轮作) 包括50%的谷类作物、25%的块茎作物和25%的饲草作物。

N、P、K分高中低3个水平: 低(水平1)、中(水平2)和高(水平3)(表2和表3)在一个作物轮作周期里施用2次有机肥, 施用时期在No.2-12的组合中是在块茎类作物播种前施入。1972-1989年有机肥施用量为35mt/ha, 1990年后在最后2个作物轮作中有有机肥施用量为40mt/ha。

养分平衡计算

田间水平的养分平衡都是基于养分输入和输出的差来计算的。在计算养分平衡时也用到氮肥施用量和作物产量模型(Olness *et al.*, 1998; Vagstad and Eggestad, 1998)。事实上,

Table 1. LTFE experimental sites (see also map).

Experimental site	Growing area	Elevation above sea-level	Climatic conditions		Soil type	Soil texture	Soil organic carbon-C _{ox}
			∅ annual rainfall	∅ annual temperature			
		<i>m</i>	<i>mm</i>	<i>°C</i>			<i>%</i>
Horažďovice	PGA	472	573	7.4	cambisol	loamy-sand soil	1.22
Chrastava	PGA	345	798	7.1	orthic luvisol	loamy-sand soil	0.75
Jaroměřice	PGA	425	535	7.5	orthic luvisol	loamy soil	1.13
Krásné Údolí	PGA	645	605	6.1	cambisol	sandy-loam soil	1.48
Libějovice	PGA	460	606	7.6	orthic luvisol	sandy-loam soil	1.23
Lipa	PGA	505	629	7.6	cambisol	sandy-loam soil	1.25
Staňkov	PGA	370	511	7.8	orthic luvisol	loamy soil	1.17
Svitavy	PGA	460	624	6.5	orthic luvisol	sandy-loam soil	0.96
Vysoká	PGA	595	655	7.4	planosol	loamy soil	1.66
Pusté Jakartice	SBGA	290	650	8.0	orthic luvisol	loamy soil	1.04
Uherský Ostroh	SBGA	196	551	9.2	orthic luvisol	loamy soil	1.26
Věrovany	SBGA	207	562	8.5	chernozem	loamy-clay soil	1.30
Žatec	SBGA	247	451	8.3	chernozem	loamy-clay soil	1.62

Note: Data of rainfall and temperature are 50 year averages; data of soil organic carbon was analysed in 1971 before establishment of the trials.

Table 2. The experimental design.

Combinations of fertilization	Organic manure	Mineral fertilization	Method of fertilization	Lime application
1	0	0		without
2	Twice FYM during a crop rotation cycle before root crops	0		where necessary, according to results of annual soil testing
3		N ₂ P ₂ K ₀	P and K as a "reserve" fertilization	
4		N ₂ P ₂ K ₁		
5		N ₂ P ₂ K ₂		
6		N ₂ P ₂ K ₃		
7		N ₂ P ₀ K ₂		
8		N ₂ P ₁ K ₂		
9		N ₂ P ₃ K ₂		
10		N ₁ P ₁ K ₁		
11		N ₃ P ₃ K ₃		
12 SBGA		N ₃ P ₃ K ₃	P and K every year	
12 PGA		N ₃ P ₃ K ₃	P and K as a reserve	without

Note: combinations 1, 2, 5, 10 and 11 were used for nutrient balance calculation.

Table 3. Average annual doses of nutrients (elemental and oxide forms) in mineral and organic fertilizers (kg ha^{-1}).

Fertilizers	Level of nutrients	SBGA			PGA		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
----- kg ha^{-1} -----							
N ₁ P ₁ K ₁	1 - low	58	48	61	58	53	69
N ₂ P ₂ K ₂	2 - medium	87	76	97	88	80	108
N ₂ P ₂ K ₃	3 - high	115	112	143	117	116	158
FYM		25	17	43	25	17	43

Table 4. Average annual yields for the period 1972-2009 in both SBGA and PGA areas (in CU ha^{-1} units, average of 37 years).

Treatment		SBGA		PGA	
		Ave. CU yield	Change	Ave. CU yield	Change
		mt ha^{-1}	%	mt ha^{-1}	%
T ₁	Without fertilization	6.33	100.00	4.78	100.00
T ₂	FYM	6.92	109.32	5.31	111.00
T ₃	FYM + N ₁ P ₁ K ₁	7.85	124.04	7.21	150.70
T ₄	FYM + N ₂ P ₂ K ₂	7.94	125.45	7.72	161.30
T ₅	FYM + N ₃ P ₃ K ₃	8.06	127.33	8.13	170.00

Note: rate of nutrients applied (in T₃-T₅) corresponds to level of nutrients (low 1-high 3) in Table 3.

1D)。施磷量越高,磷素平衡盈余越高。有趣的是,收获物和秸秆的总吸磷量比收获物部分的吸磷量差别不大,差值不到10kg/ha。也就是说,针对土壤P素的SSB的计算,两种不同的计算方法没有显著差别。

钾素平衡

两个不同的种植区SBGA和PGA的钾素平衡状况差别非常大(图1E和图1F)。在SBGA种植区,如果收获物是整株作物的话,所有施肥水平处理下的钾素都是负平衡。但是,如果只是收获经济产品部分的话,所有施化肥的处理下钾素都是正平衡。

在PGA种植区,在高水平施钾条件下(K₃),收获物为整株作物时,钾素正平衡。在钾素2水平(K₂)只在收获物为经济产量部分时钾素平衡显示为正平衡,而在收获整株作物时,表现为钾素负平衡。在钾素低水平(K₁)处理时,显示和钾素处理2水平同样的钾素平衡的情况。在PGA种植区,农作物副产品对钾素平衡的影响非常明显。

结论

在SBGA种植区域,施用农家肥(FYM)可增产大约9%,在PGA增长11%左右。但是,只施用农家肥时,氮磷钾平衡与对照非常相似,也就是在两个种植区都表现为非常高的负平衡,氮磷钾负平衡分别为100~150 kg N/ha、20 kg P/ha和100 kg K/ha。

由于在PGA种植区的试验地初始肥力水平较低,PGA种植区根据不同的施肥量,增产幅度达到50%~70%,而在土壤肥力较高的SBGA种植区增产幅度较小,为24%~27%。

在2个种植区,即使在施氮量较高的水平时,氮素平衡都表现为负平衡。即使在最高施氮量水平时,一旦作物和根茎被移除,氮素平衡依然表现为负平衡。

很有必要保持土壤中养分输入输出的平衡以保持土壤肥力。

土壤表观平衡(SSB)

养分输入计算了化肥和有机肥施入带来的养分,输出计算了作物收获物带走的养分,以及作物秸秆带走的养分。土壤和作物养分分析方法是CISTA的分析方法(Zbiral, J. a kol., 2005)。

结果

年度平均产量

在SBGA种植区,土壤肥力较高,有机肥施用量增加产量也增加,最大达到9%,施用化肥增产达到24%~27%。在PGA种植区域,施肥效应更高,化肥施用增产可以达到50%~70%(表4)。总之,施用化肥和农家肥对产量有明显的影 响:不仅可以提高平均产量,在PGA种植区CU产量最大值超过了其在SBGA种植区(分别为8.13和8.06mt/ha),而且增加的比率较高(在PGA种植区),提高了化肥施用的盈利能力。

氮素平衡

在SBGA种植区,N素平衡(图1A),计算了收获物(根系和茎干)中的氮,并与施用的化肥氮素进行比较,发现即使在高施肥量水平下(140kg N/ha)氮素平衡也是负的。只有在高施氮水平(T₅)条件下对根茎类作物来说N素正平衡,但也只有19kg N/ha。类似的情况是在PGA种植区(图1B),作物为块茎类作物时在高施氮水平下(T₅),但也只累积17kg N/ha。

在这种简单的氮素平衡的计算中,没有将大气沉降和生物固氮的量计算在内。如果将这些氮素计算在内,即使在中等施氮水平下,氮素可能是正好平衡状态,甚至可能稍有正平衡。当施氮量超过作物需氮量时,施氮量越高,通过下渗和气体形式损失的氮素越多。

磷素平衡

在低水平施磷条件下(比如FYM+30kg P₂O₅/ha),磷素吸收和投入都是处于很好的平衡状态(图1C和



Jaromerice的冬小麦田间试验。左侧为不施肥处理,中间为隔离带,右侧为N、P、K处理。摄影: P.Cermak。

对磷素来说,即使在最低施P水平下,移除和投入都表现为正平衡。随着提高P素施用水平,P素平衡结余在SBGA和PGA种植区都表现为不断增加。

在SBGA和PGA种植区,钾素平衡与施钾水平和钾素作物移除量相关。非常清楚的是,秸秆管理或者作物非收获部分都对钾素平衡有很大的影响。但整个作物植株都作为收获物移除时,除了在PGA种植区在较高施钾水平下钾素平衡为正外,其他情况下钾素平衡都表现为负平衡,但是,当只有将收获物带走的钾素全部计算在内时,在2个较高施钾水平下,钾素才表现为正平衡。

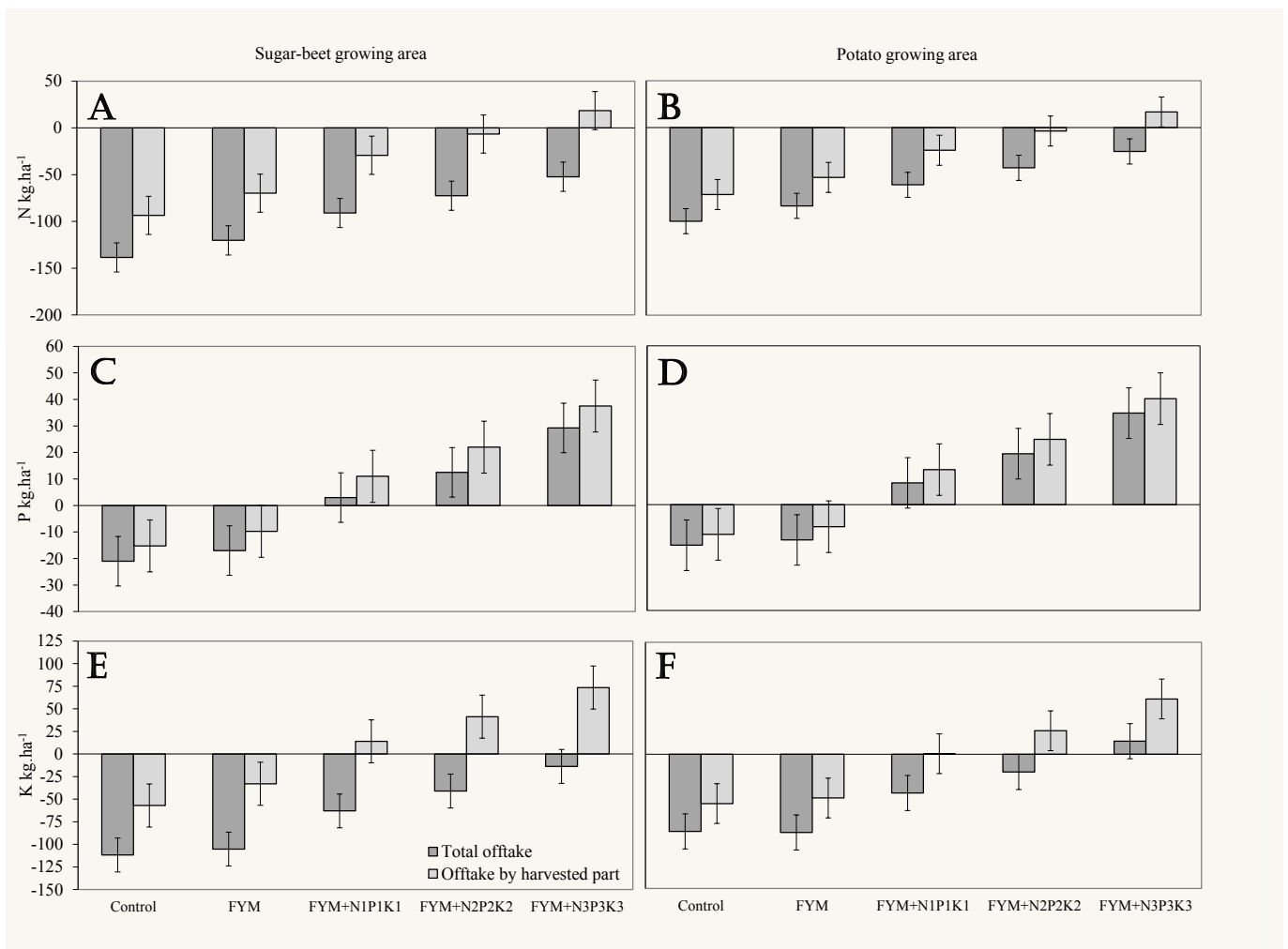


图1 (A-F): 平均的N素平衡 (A和B)、P (C和D) 和K (E和F), 左侧为SBGA种植区, 右侧为PGA种植区。数据为37年的平均值, 四个试验地的养分含量单位为kg/ha, 长块为标准差 (SE)。

基于这些结果, 我们可以得出结论, 在SBGA种植区的最优施肥量为每公顷160kg N、20kg P (50kg P_2O_5)和125kg K (150kg K_2O)。在土壤肥力较低和低温不利气候的PGA种植区, 为了保持营养平衡, 施肥量稍低, 大约为每公顷140kg N、20kg P (50kg P_2O_5)和125kg K (150kg K_2O)。

为了既保持一定的作物产量, 又有效保持土壤肥力, 年均施肥量建议为100~120kg/ha, 13kg P/ha (30kg P_2O_5 /ha)和80~125kg K/ha (100~150kg K_2O /ha), 总计相当于193~258kg/ha单质养分或者230~300kg/ha氧化态养分。对肥力低, 漏水漏肥的土壤来说, 施肥量的上限可以适当提高。

参考文献

Čermák, P., and M. Budňáková, M. 2004. Nutrient Status in the Soil, Nutrient Balance and Yield of Crops in the Czech Republic. *In: Proceedings of the 15th CIEC Symposium, Fertilisers and Fertilisation for Sustainability in Agriculture.* p. 105-112. Pretoria-South Africa.

Čermák, P., and E. Kunzová. 2011. Nutrient Balance in Long-Term Experiments – Base for Precise Nutrient Management. *In: Proceedings of the 12th International Symposium “Soil and Plant Analyses”,* str. 17.

Čermák, P., and M. Budňáková. 2005. The Content of Available Nutrients in the Soil and Nutrient Balance in the Czech Republic. *In: Proceedings of the Conference “Element Balances as a Tool of Sustainable Land Management”,* Tirana, Albania. p. 4.

Čermák, P., and M. Budňáková. 2005. Potassium Content in the Soils and Potassium Balance in the Czech Agriculture. *Nawozy i Nawożenie - Fertilizers and Fertilization,* 3/2005. p.

57-68.

ČSÚ: Soupis hospodářských zvířat k 1.3.1999. Kód publikace 12 04 – 99, 1999.

ČSÚ: Soupis hospodářských zvířat k 1.3.2000. Kód publikace 21 03 – 00, 2000.

Douthwaite, N.C. 1998. European trends in fertilizer use. *In: Proceedings of the 11th International Symposium “Codes of Good Fertilizer Practice and Balanced Fertilization”,* Pulawy, Polsko. p. 10-18.

Klír, J. 1999. Využití kejdy ke hnojení rostlin. *Zemědělský týdeník, II, příloha “Produkce a využití kejdy”,* p. IV-VI.

Olness, A., S.D. Evans, and R. Alderfer. 1998. Calculation of Optimal Fertilizer Rates: A Comparison of three Response Models. *Journal of Agronomy and Crop Science* 180:215-222.

Smatanová, M., P. Čermák, and V. Klement. 2005. Field and Pot Experiments provided by CISTA in the Czech Republic. *In: Proceedings of the Conference - Fragmenta Agronomica 1/2005,* p. 21-29, Wasaw, Poland.

Vagstad, N., and H.O. Eggestad. 1998. Determining Crop Nutrient Requirements. *In: Proceedings of the 11th International Symposium “Codes of Good Fertilizer Practice and Balanced Fertilization”,* Pulawy, Polsko. p. 71-81.

van Beek, C.L., L. Brouwer, and O. Oenema. 2003. The Use of Farmgate Balances and Soil Surface Balances as Estimator for Nitrogen Leaching to Surface Water. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 67:233-244.

Zbírál, J. a kol. 2005. Analýza rostlinného materiálu. Jednotné pracovní postupy ÚKZÚZ. Národní referenční laboratoř. II. přepracované a rozšířené vydání. ISBN 80-86548-73-2; ÚKZÚZ Brno.

本论文“捷克长期田间试验的营养平衡”也出现在 IPI 区域活动/中欧栏目。

研究报告



叶面喷施钾肥增加了克莱门特柑橘 var. *Cadoux* 的产量。照片由作者拍摄。

叶面喷施钾肥对克莱门特柑橘产量和品质的影响

Hamza, A.⁽²⁾, A. Bamouh⁽¹⁾⁽³⁾, M. El Guilli⁽²⁾和R. Bouabid⁽⁴⁾

引言

克莱门特柑橘 *Cadoux* 是消费者非常喜爱的柑橘水果之一。然而,这种柑橘果实较小,从商业角度上看是不可取的。在本文的田间试验研究中,我们评估了叶面喷施不同浓度和次数的钾肥包括硝酸钾 (KNO_3) 和硫酸钾 (K_2SO_4), 对果实产量 (果实大小、重量和产量) 以及品质参数 (果皮厚度、紧实度、色度指数、成熟度指数、橘汁含量、酸度和总可溶性糖含量) 的影响。果园中柑橘设置3种植植密度 (D_1 : $6\text{m} \times 6\text{m}$, D_2 : $5\text{m} \times 6\text{m}$ 和 D_3 : $6\text{m} \times 3.5\text{m}$), 在果实生长过程中, 分别喷施2-3次5%和8%的 KNO_3 及2.5%和4%的 K_2SO_4 。克莱门特柑橘 *Cadoux* 叶片中K的含量在最后喷施钾肥2两周后可增加40%。柑橘果实的重量随着钾肥的喷施量和喷施次数的增加而增加。不论何种钾肥 (KNO_3 或者 K_2SO_4) 或者种植密度, 叶面喷

施3次钾肥的处理, 其大果实所占的比例都是最高的。叶面喷施钾肥增加了果实的颜色、紧实度和果皮厚度。橘汁含量、酸度和总可溶性糖含量随着叶面喷施钾肥也略有增加。果实的产量也随着钾肥喷施量和喷施次数增加而增加。就叶面喷施钾肥的效率而言, 喷施3次4%的 K_2SO_4 处理每千克钾肥产出的果实最多。

引言

柑橘产业在摩洛哥农业生产中占有重要的一席之地。摩洛哥是世界第四大柑橘出口国和第三大克莱门特柑橘出口国 (美国农业部, 2010)。每年柑橘的出口总量达到

⁽¹⁾ 通讯作者: bamouh@gmail.com
⁽²⁾ 农艺性状和品质实验室, INRA-Kénitra, 摩洛哥
⁽³⁾ 作物生产、保护和生物技术系, IAV Hassan II, Rabat, 摩洛哥
⁽⁴⁾ 土壤科学系, ENAM, Meknès, 摩洛哥

500,000t, 产生价值30亿迪拉姆(Dirham)的收入。85,000ha的柑橘园每年可产出1,300,000t的柑橘。从社会效益来说, 柑橘产业提供了超过2100万个工作日, 成为13000农户家庭的主要收入来源。

摩洛哥柑橘的年均产量为17t/ha, 与其他柑橘主产国相比, 其产量是较低的。这主要归因于果园的老化、灌溉水的缺乏、管理效率的低下和病虫害造成的损失。

随着全球化发展中市场对高品质新鲜柑橘的需求以及一些新型柑橘生产国的涌现, 摩洛哥正试图重新调整其柑橘产业政策以应对挑战。“摩洛哥绿色计划”农业政策中将柑橘产业视作优先发展领域, 制定了更新老旧果园和提高滴灌使用的计划。

由于柑橘品质不能满足一些国外市场的需求, 增加出口常常受到限制。例如, 柑橘装运站记录着高达超过25%的退货订单。其原因很多, 如病虫害对果实的损害及果实矿质营养元素含量不足等。对于克莱门特柑橘和蜜橘来说, 退货的主要原因是其果实较小。一些技术措施, 如使用生长激素和剪枝等, 常用于解决这些问题。然而, 果实最终的大小取决于很多因素, 包括果树的载果量、降雨、施肥、剪枝及果实品种与砧木的结合状况等。在这些影响因素中, 施肥可能是控制起来最为容易的。这其中钾肥对果实品质的影响尤为重要。

摩洛哥出口新鲜柑橘的品质主要取决于果实大小和果皮质地。钾素缺乏时, 容易导致果实小、果皮薄, 而钾素过多时, 果实较大、果皮厚且粗糙。另外, 钾素易造成柑橘果汁的酸度高。总之, 施用钾肥被视为优化柑橘鲜果和果汁品质的一条重要途径。

表1. 试验点土壤的pH, 有机质, P和K含量状况

土层	pH (H ₂ O)	有机质	P ₂ O ₅	K ₂ O
cm		%	-----ppm-----	
0-30	7.7	2.1	41.8	497
30-60	7.9	1.6	11.9	319
60-90	8.2	1.4	4.9	229

获得高产一直是施肥措施最为主要的目的, 直至近些年, 人们越来越重视施肥特别是施用磷、钾肥来改善柑橘果实的品质。叶面喷施钾肥被认为是获得高产和改善果实品质的重要措施。

本文揭示了叶面喷施不同用量和次数的KNO₃或K₂SO₄对克莱门特柑橘Cadoux的增产和品质改善的效果。

材料和方法

试验点基本情况

本试验于2007年在摩洛哥Gharb平原INRA的Sidi Allal Tazi实验站开展。供试土壤为粘土, 选用的克莱门特柑橘品种为Cadoux, 嫁接在枳橙 (*citrange Carrizo*) 的砧木上。选用树龄为23年, 健康、匀称且没有表现出营养元素缺乏症状的树体。试验采用裂区设计, 设置3个区块、3种种植密度 (树距分别为: D₁: 6m×6m, D₂: 5m×6m和D₃: 6m×3.5m) (大区) 和9个叶面喷施钾肥的处理 (小区)。

土壤分析结果表明, 不同层次土壤中有机质、磷和钾的含量都能满足克莱门特柑橘的正常生长 (表1)。

表2 克莱门特柑橘Cadoux在喷施钾肥前和喷施钾肥两周后叶片中P, K, Ca和Mg的含量 (占干物质的百分比)

Treatments	P		K		Ca		Mg	
	Before	After	Before	After	Before	After	Before	After
	-----% of DM-----							
Control	0.16	0.14	1.88	1.60	4.04	4.76	0.28	0.23
5%-KNO ₃ x 2	0.15	0.16	1.84	2.32	4.12	4.16	0.25	0.26
5%-KNO ₃ x 3	0.18	0.15	1.88	2.48	4.00	3.60	0.22	0.23
8%-KNO ₃ x 2	0.13	0.16	1.76	2.20	5.32	4.24	0.27	0.26
8%-KNO ₃ x 3	0.12	0.16	1.72	2.08	4.44	3.96	0.26	0.26
2.5%-K ₂ SO ₄ x 2	0.18	0.17	1.88	2.64	3.56	3.92	0.25	0.25
2.5%-K ₂ SO ₄ x 3	0.19	0.15	2.04	2.28	4.24	4.32	0.38	0.27
4%-K ₂ SO ₄ x 2	0.13	0.17	1.80	2.48	4.28	3.24	0.25	0.23
4%-K ₂ SO ₄ x 3	0.16	0.15	1.76	2.24	3.68	3.88	0.23	0.23

表3 在低 (D₁)、中 (D₂)、高 (D₃) 种植密度下, 不同尺寸大小的克莱门特柑橘果实所占的比例 (%)

Treatments	Cal 1-3 57 to 63 mm			Cal 4 51 to 56 mm			Cal 5 44 to 50 mm			Cal 6 41 to 43 mm			Out of range <40 mm		
	D ₁	D ₂	D ₃	D ₁	D ₂	D ₃	D ₁	D ₂	D ₃	D ₁	D ₂	D ₃	D ₁	D ₂	D ₃
	-----%-----														
Control	7.8	9.2	7.6	68.9	52.8	30.5	23.3	11.5	24.2	0	15.3	24.6	0	11.2	13.2
5%-KNO ₃ x 2	22.2	17.3	14.4	67.8	72.2	63.3	10.0	7.1	4.3	0	3.3	3.2	0	0	14.7
5%-KNO ₃ x 3	63.3	60.8	54.2	36.7	37.4	30.2	0	1.3	3.2	0	0.5	11.5	0	0	1.0
8%-KNO ₃ x 2	21.1	16.2	12.6	64.4	66.2	64.2	14.4	15.2	13.4	0	2.3	3.3	0	0	6.6
8%-KNO ₃ x 3	73.3	62.9	57.3	26.7	28.4	32.6	0	7.8	7.2	0	0.8	2.8	0	0	0
2.5%-K ₂ SO ₄ x 2	20.0	22.4	16.2	71.1	58.7	61.4	8.9	9.2	6.5	0	7.2	8.2	0	2.5	7.7
2.5%-K ₂ SO ₄ x 3	62.2	55.3	48.7	37.8	31.5	36.6	0	5.2	7.2	0	4.3	5.3	0	3.7	2.2
4%-K ₂ SO ₄ x 2	24.4	19.3	14.6	67.8	65.2	51.4	7.8	8.2	5.2	0	5.2	16.2	0	2.1	12.6
4%-K ₂ SO ₄ x 3	63.4	56.2	47.5	36.7	38.7	42.2	0	3.4	5.2	0	1.7	3.2	0	0	1.9

试验处理

试验处理包括3种植植密度 (D₁, D₂和D₃) 下不同钾肥用量 (浓度) 和喷施次数 (2或3次) 的各种组合。本试验使用了两种钾肥 (可溶性矿质肥料): KNO₃和K₂SO₄, 其中KNO₃的喷施浓度为5%和8%, 而K₂SO₄的喷施浓度为2.5%和4%。对照处理只喷施水。KNO₃的施用浓度参照文献进行 (Obreza *et al.*, 2008; Abd-Allah, 2006; Erner *et al.*, 2004; Erner and Ya'acov, 2004)。根据等同于KNO₃的钾含量, 设定K₂SO₄的施用量。叶面喷施的日期分别为: 2007年7月16日、8月3日和8月21日。在相应的施肥时间, 每棵树都叶面喷施10L的钾肥。

测定指标

本文测定的产量指标包括果实大小、果实重量和产量。检测的果实品质指标包括果皮厚度、紧实度、色度指数、成熟度指数、橘汁含量、酸度和总可溶性糖含量。果皮厚度通过卡尺测定10个果皮的厚度而获得。果实的紧实度用硬度仪测定 (Koehler, 法国)。用比色计 (Minolta CR-400; Konica Minolta Sensing, Inc) 测定色度即可得到成熟度指数。橘汁含量通过榨取10颗果实得出, 酸度通过NaOH滴定法测定; 总可溶性糖用手持糖量仪测定 (PAL-1, Atago Co., 日本)。

结果和讨论

叶面喷施钾肥对叶片中矿质元素含量的影响

在最后一次喷施钾肥2周后, 克莱门特柑橘Cadoux叶片中钾素的含量明显增加。除了对照叶片钾素略有下降外, 其余所有喷施钾肥处理叶片中钾素的含量都呈现增加 (表2)。

各施肥处理下柑橘树叶片中钾的浓度不受钾肥种类 (KNO₃, K₂SO₄) 和喷施次数的影响。叶面喷施钾肥后, 叶片中钾素的含量可增加40%, 而对照处理相比施肥前则下降15%。

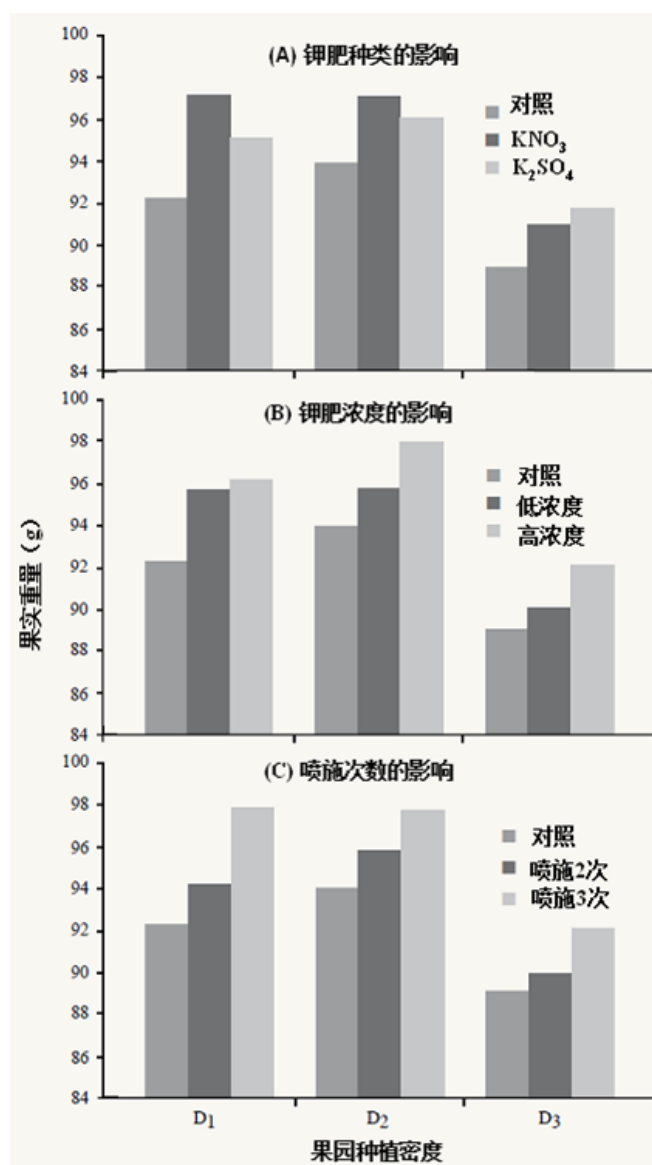


图1 叶面喷施钾肥对克莱门特柑橘Cadoux果实重量的影响: (A) 钾肥种类, (B) 钾肥浓度, (C) 喷施次数。

柑橘叶片中钾素的显著增加, 表明了叶面施钾比常规土壤施钾更能促进了钾素活化和植株对钾素的吸收速率 (Opazo and Razeto, 2001)。

叶片中磷和镁含量未受到叶面喷施钾肥的影响。所有施肥处理中, 钾肥喷施前后镁的含量都低于最适水平, 而钙的含量却处于最适水平。

叶面喷施钾肥对柑橘果实参数的影响 果重

在中等种植密度 (D_2 : $6m \times 5m$) 下, 单果柑橘的平均重量最高, 为96g; 而最大密度种植 (D_3 : $6m \times 3.5m$) 下单果的平均重量却最低, 约为91g。不考虑种植密度情况下, 对照处理单果的重量最低 (图1)。

在低密度种植 (D_1) 下, 叶面喷施2-3次8%的 KNO_3 是促进果实平均重量增加最为有效的手段。这些处理的果实重量可达到98.2~98.6g (图1)。与喷施3次钾肥的处理相比, 喷施2次钾肥的果实平均重量都较低。

就效率而言, 叶面喷施3次高浓度钾肥 (8%的 KNO_3 或4%的 K_2SO_4) 更能增加克莱门特柑橘果实的重量和大小, 所以本文推荐此种施肥方式。

果实大小

无论喷施的钾肥种类为 KNO_3 或是 K_2SO_4 , 无论种植密度的大小, 喷施3次钾肥所获得的大尺寸果实 (Cal 1-3) 的比例都是最大的 (表 3)。在所有种植密度中, 叶面喷施3次8%的 KNO_3 大尺寸果实所占的比例最大。3种植植密度 (D_1 , D_2 和 D_3) 下都喷施3次8%的 KNO_3 , 产出Cal 1-3级果实所占的比例分别为73%、63%和57%, 而对照处理Cal 1-3级果实所占的比例分别为7.8%、9.2%和7.6%。

喷施2次钾肥的处理对于改善克莱门特柑橘果实大小的作用显著低于喷施3次的处理 (图2)。

叶面喷施钾肥对于改善克莱门特柑橘大小的效果可以从照片1看出。

值得注意的是, 提高柑橘的种植密度显著降低了果实的大小。所以, 选择低种植密度 ($D_1 = 6m \times 6m$) 能够获得效益和商业等级皆佳的果实 (Cal 1-3和Cal 4), 是明智之选。

我们的结果证实了前人研究结果, 即增加叶面钾肥的喷施量和次数能够增加柑橘果实大小 (Embleton *et al.*, 1975, Wei *et al.* 2002; Obreza *et al.*, 2008)。

果皮的色泽

总体来说, 无论种植密度大小, 叶面喷施钾肥的所有



照片1 叶面喷施钾肥对克莱门特柑橘Cadoux (种植密度 D_1 : $6m \times 3.5m$) 果实大小和颜色的影响。

处理比对照处理的果皮颜色更红 (照片1和照片2)。

色度指数 (CI) 通过色度计测定 (型号 CR-400, Konica Minolta Sensing, 日本) 颜色, 其数值反映了橙红色的强度。本文中, 随着种植密度的增加, 橙红色的强度变淡。3种植植密度 D_1 , D_2 和 D_3 下色度数值分别为5.52、4.80和3.99。

所有喷施钾肥的处理色度指数的平均值均大于对照, 也表明叶面喷施钾肥可显著改善克莱门特柑橘Cadoux的色泽, 其中叶面喷施 KNO_3 比 K_2SO_4 改善果实色泽的效果更佳 (图片1)。

在低种植密度 D_1 下, 喷施3次5%的 KNO_3 处理和喷施2次2.5%的 K_2SO_4 处理, 果实的色度指数是最大的, 分别为6.3和6.4。

在中等种植密度 D_2 下, 相比其他处理, 喷施2次8%的 KNO_3 处理果实的色泽最佳, 其色度指标 (CI=5.5) 显著高

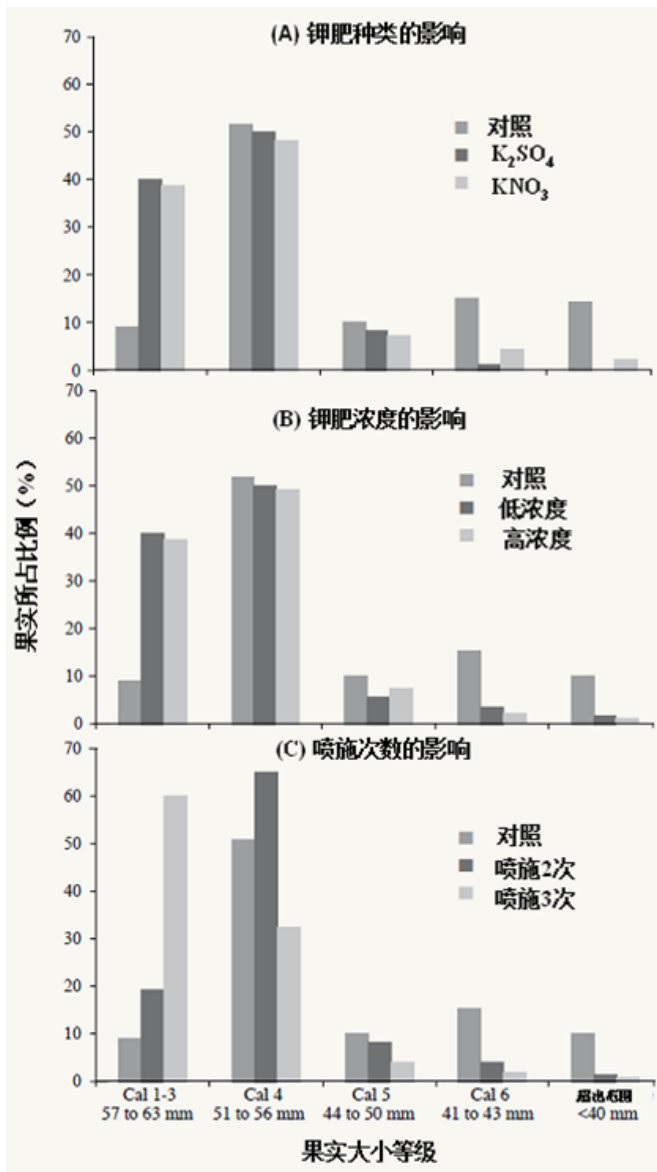


图2 叶面喷施钾肥对克莱门特柑橘Cadoux果实大小的影响: (A) 钾肥种类, (B) 钾肥浓度, (C) 喷施次数。

于喷施3次2.5%的 K_2SO_4 处理 (CI=4.2)。

在高种植密度 D_3 下, 喷施3次5%的 KNO_3 处理色度指数最高(CI = 4.6), 而喷施2次8%的 KNO_3 处理和喷施3次2.5%的 K_2SO_4 处理色度指数最低。

前人文献有叶面喷施钾肥有助于改善柑橘果实颜色的相关报道 (Hellali, 2002; Erner *et al.*, 2004; Obreza *et al.*, 2008)。但也有研究认为, 与施用低浓度钾肥相比, 施用高浓度的钾肥容易引起柑橘果呈现绿色 (Koo, 1988)。本试验喷施2次4%的 K_2SO_4 处理的色度值最低, 且果实着色推迟 (图片1), 这与Koo (1988) 研究结果相似。

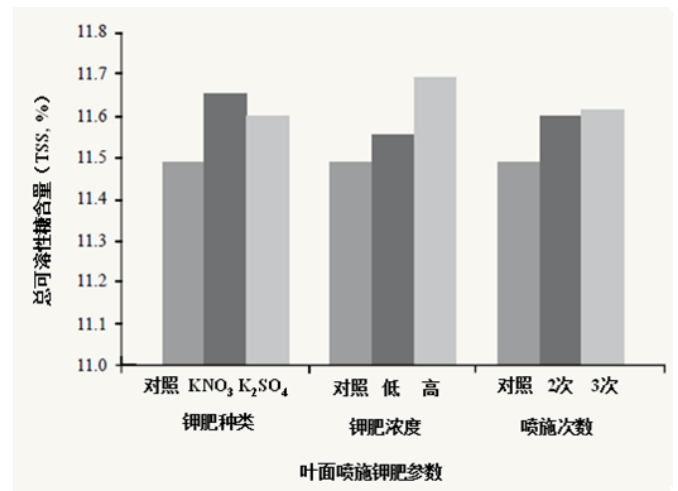


图3 叶面喷施钾肥对克莱门特柑橘Cadoux总可溶性糖含量的影响: 包括钾肥种类, 钾肥浓度和喷施次数。

总之, 喷施3次5%和8%的 KNO_3 处理和喷施2次或3次2.5%和4%的 K_2SO_4 处理, 都明显改善了克莱门特柑橘Cadoux的果实色泽。

果实紧实度

无论种植密度大小, 对照处理果实的紧实度较高, 三种种植密度 D_1 , D_2 和 D_3 的紧实度值分别为405, 366和402g/0.5cm²。另外, 所有喷施钾肥的处理果实的紧实度都是适宜的, 变化范围在300~415g/0.5cm²。

果皮厚度

所有处理果皮的平均厚度为11.5mm。随着叶面喷施钾肥浓度和次数的增加, 果皮厚度略有增加。

我们研究认为果皮厚度随着叶面喷施钾肥的增加而增加, 这与前人研究结果一致 (加利福尼亚肥料协会, 1998; Obreza *et al.*, 2008)。

另外, 果皮厚度的增加对于预防昆虫入侵有重要的作用。

果实橘汁的含量

所有处理柑橘果实的橘汁含量都能满足摩洛哥克莱门特柑橘的出口标准 (最低40%)。

低种植密度 D_1 下, 增加叶面喷施次数, 无论是喷施 KNO_3 或是 K_2SO_4 都能够提高橘汁含量。喷施2次或3次5%的 KNO_3 能够使橘汁含量增加0.5%, 而喷施2次或3次8%的 KNO_3 则可使橘汁含量增加1.8%。然而, 喷施2或3次4%的 K_2SO_4 , 橘汁含量却下降0.92%。

在中等种植密度 D_2 下, 橘汁含量随着喷施低浓度钾肥次数的增加而降低, 而随着高浓度钾肥喷施次数的增加而增加。

在高种植密度 D_3 下, 喷施2次4%的 K_2SO_4 处理橘汁含量最高, 达到45%。

橘汁酸度

克莱门特柑橘Cadoux橘汁酸度的出口标准为0.8%~1.5%。本研究中所有喷施钾肥的处理橘汁酸度都低于1.1%。随着叶面喷施钾肥的次数增加, 柑橘橘汁酸度略有增加。

本文发现增加钾肥的喷施浓度或次数可引起叶片中钾含量的增加, 进而增加柑橘果实的酸度, 这一结果与前人研究结果一致 (Erner *et al.*, 2004; Obreza *et al.*, 2008)。

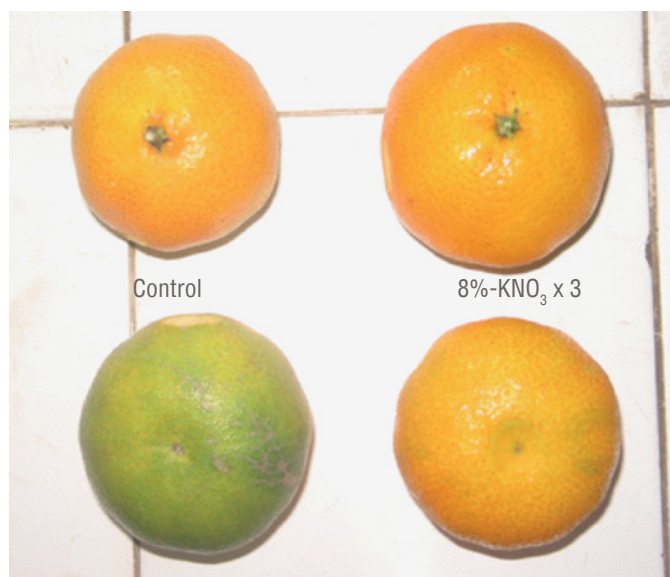
果实总可溶性糖含量 (TSS)

摩洛哥克莱门特柑橘出口市场对可溶性糖的要求是9%。所有喷施钾肥处理和对照处理的总可溶性糖含量都远远超过此要求。

叶面喷施钾肥能够稍微增加果实的总可溶性糖含量, 其中, 喷施 KNO_3 比喷施 K_2SO_4 的效果更好 (图3)。

果实成熟度 (TSS/A)

根据摩洛哥出口标准要求, 克莱门特柑橘的成熟指数最低要达到7, 与



照片2 叶面喷施钾肥对果实颜色的改善作用以及对照处理果实呈现持久性绿色 (左图)。本照片由作者拍摄。

表4 叶面喷施3次 KNO_3 和 K_2SO_4 后克莱门特柑橘Cadoux的生产效益和效率

钾肥种类和浓度	种植密度	产量 <i>mt ha⁻¹</i>	施肥量 <i>kg ha⁻¹</i>	生产效益 <i>mt ha⁻¹</i>	效率 <i>kg fruit per kg fertilizer</i>
Control	D_1	44.4	-	-	-
	D_2	48.4	-	-	-
	D_3	50.5	-	-	-
5%- KNO_3 x 3	D_1	50.5	415.5	6.1	14.7
	D_2	57.7	499.5	9.4	18.7
	D_3	59.4	714.0	8.9	12.4
8%- KNO_3 x 3	D_1	56.5	664.8	12.1	18.2
	D_2	61.4	799.2	13.1	16.4
	D_3	63.6	1,142.4	13.0	11.4
2,5%- K_2SO_4 x 3	D_1	47.0	207.7	2.7	12.7
	D_2	53.2	249.7	4.8	19.3
	D_3	54.6	357.0	4.1	11.4
4%- K_2SO_4 x 3	D_1	53.9	332.4	9.5	28.6
	D_2	58.2	399.6	9.9	24.7
	D_3	60.9	571.2	10.4	18.2

此同时, 一些国家对柑橘成熟指数的要求为7~7.5。

在本试验所有喷施钾肥的处理中, 果实成熟指数都超过了10.6。喷施 KNO_3 的处理果实成熟度较低, 而喷施 K_2SO_4 处理果实成熟度较高。

叶面喷施钾肥对果实产量的影响

低、中、高三种植密度果树的果实产量分别为174, 160和116 kg/树。按每公顷计算, 三种密度 D_1 , D_2 和 D_3 的果实产量分别为48.1, 53.7和55.2 mt/ha。

就叶面喷施钾肥的效果而言, 我们的结果清楚地表明, 增加钾肥的喷施浓度和次数能够显著地增加柑橘果实的产量 (图4B和图4C, 照片3)。

对于喷施2次钾肥的处理, 增加钾肥浓度对果实产量没有显著的影响。

前人研究发现, 在果实直径达到20~25mm后的3~5周内, 增加叶面钾肥的喷施次数和浓度, 能够促进果实增产, 这与本文研究结果一致 (Erner *et al.*, 2004; Obreza *et al.*, 2008)。

对于种植密度 D_1 和 D_2 , 喷施3次8%的 KNO_3 和4%的 K_2SO_4 处理显著地促进克莱门特柑橘Cadoux的增产。在种植密度为 D_1 时, 这些处理的果实产量分别为204和195 kg/树, 而对照处理的产量仅为160 kg/树。喷施3次8%的 KNO_3 和4%的 K_2SO_4 处理比对照处理分别增产21.5%和17.6%。

在中等种植密度 D_2 时, 喷施3次8%的 KNO_3 处理增产效果最明显, 相比对照增产21.2% (分别为184和145 kg/树)。喷施3次5%的 KNO_3 和4%的 K_2SO_4 处理比对照也显著增加了16.5% (分别为173和175 kg/棵)。

在高种植密度 D_3 时, 喷施3次5%和8%的 KNO_3 及4%的 K_2SO_4 处理对克莱门特柑橘Cadoux的增产作用最为明显。处理间没有显著差异, 平均产量为130 kg/树, 比对照处理增加了18%。

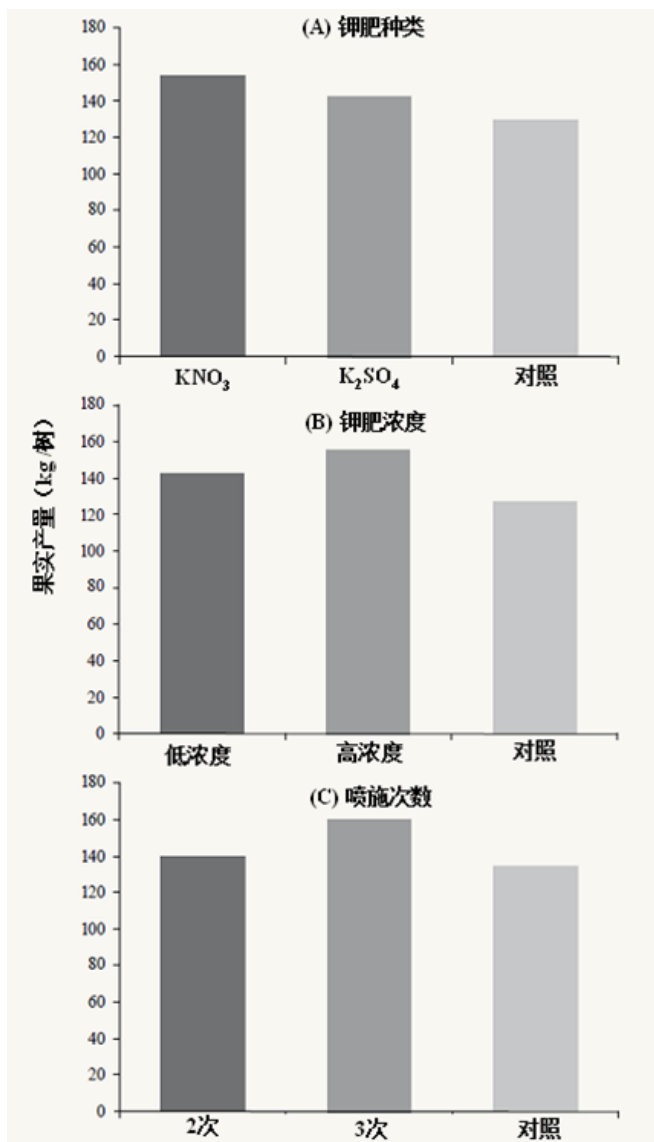


图4 叶面喷施钾肥对克莱门特柑橘*Cadoux*果实产量(kg/树)的影响:
(A) 钾肥种类, (B) 钾肥浓度, (C) 喷施次数。

克莱门特柑橘*Cadoux*叶面喷施KNO₃和K₂SO₄的生产收益和效率

由于叶面喷施3次5%和8%的KNO₃及2.5%和4%的K₂SO₄处理都显著增加了柑橘果实的产量,并改善了柑橘的品质,因而对这些处理的效率进行了评估。

3种植植密度下,叶面喷施3次8%的KNO₃处理比对照的生产收益平均高出12~13 mt/ha(表4),同时,喷施3次2.5%的K₂SO₄处理果实生产收益最低。

就叶面喷施钾肥的利用效率而言,喷施3次4%的K₂SO₄处理的利用效率最高,在D₁和D₂种植密度下,每千克叶面钾肥分别产出28和24 kg柑橘果实。

结论

无论叶面喷施的钾肥是KNO₃还是K₂SO₄,都增加了克莱门特柑橘*Cadoux*的产量,并改善了柑橘品质指标(种类、大小、颜色、果皮厚度、橘汁含量和成熟指数)。

综合考虑果实产量、肥料效率和适应性,选择低种植密度D₁(6m×6m)、喷施3次4%的K₂SO₄,能够获得最佳的回报,这也是克莱门特柑橘*Cadoux*叶面施肥的推荐方法。

参考文献

- Abd-Allah, A.S.E. 2006. Effect of Spraying Some Macro and Micro Nutrients on Fruit Set, Yield and Fruit Quality of Washington Navel Orange Trees. *Journal of Applied Sciences Research* 2:1059-1063.
- California Fertilizer Association. 1998. *Western Fertilizer Handbook, Second Horticultural Edition*, Sacramento, CA. 362 p.
- Embleton, T.W., W.W. Jones, and R.G. Platt. 1975. Plant Nutrition and Citrus Fruit Crop Quality and Yield. *Hort. Science* 48:48-50.



照片3 叶面喷施钾肥对克莱门特柑橘*Cadoux*(种植密度D₁: 6×3.5m)产量影响的典型性果树。本照片由作者拍摄。

Erner, Y., and H. Ya'acov. 2004. Potassium Nitrate Can Replace Urea Foliar Spray in Citrus. *Proc. Int. Soc. Citriculture* 2004:601-604.

Erner, Y., E. Tagari, M. Hamou, and I. Katzir. 2004. Enhancing Citrus Fruit Size: An Overview of Opportunities and Achievements in Israel. *Proc. Int. Soc. Citriculture* 2:495-501.

Hellali, R. 2002. Rôle du potassium dans la physiologie de la plante. *Atelier sur la gestion de la fertilisation potassique, acquis et perspectives de la recherche*. Tunis, 10 Déc. 2002.

Koo, R.J.C. 1988. Fertilization and Irrigation Effects on Fruit Quality. *In: Ferguson, J.J., and W.F. Wardowski (eds.) Factors Affecting Fruit Quality. Citrus Short Course Proc.* p. 35-42.

Obreza, T.A., K.T. Morgan, L.G. Albrigo, and B.J. Boman 2008.

Recommended Fertilizer Rates and Timing. *In: Nutrition of Florida Citrus Trees. Second Edition. Edited by Thomas A. Obreza and Kelly T. Morgan.*

Opazo, J.D.A., and B.M. Razeto. 2001. Effects of Different Potassium Fertilizers on Foliar Content of Nutrients, Yield and Fruit Quality in Orange Trees cv. Valencia. *Agricultura Técnica (Chile)* 61:470-478.

USDA. 2010. Citrus: World Markets and Trade.

Wei, L.J., C. Fang, L. Dongbi, W. Yun Fan, Y. Chang Bing, and W.Y. Hua. 2002. Effect of Application of Potassium Sulfate and Potassium Chloride on Growth of Citrus Tree, Yield and Quality of Fruits. *Soil and fertilizers Beijing* 4:34.

本篇文章“叶面喷施钾肥对克莱门特柑橘产量和品质的影响”也可以在[区域活动/西亚和北非](#)中找到。

研究报告



在Uttari Pura的肥料研究站的鹰嘴豆试验地, Kanpur农业和技术大学。摄影: E.Sokolowski。

施用钾肥对北方邦中心平原地区木豆(*Cajanus cajan*)和芥菜(*Brassica juncea* L. Czern)产量和品质的影响

Tiwari, D.D.⁽¹⁾⁽²⁾, S.B. Pandey⁽²⁾, and M.K. Dubey⁽²⁾

摘要

试验于2007至2011年,在坎普尔(CSA)农业技术大学,北方邦肥料研究站进行。选择氯化钾为钾肥,研究不同钾肥用量对木豆(豆科作物)和芥菜(油料作物)的影响。试验设定5个钾肥用量,分别为0(对照),20,40,60和80kg K₂O/ha。基础土壤为砂壤,有效钾K₂O含量195kg/ha。根据土壤化学分析结果施用充足的氮、磷、硫和锌肥。

钾肥K₂O用量增加至60kg/ha时,显著地提高木豆和芥菜的籽粒与植株产量。木豆籽粒平均产量从1358kg/ha增加到1764kg/ha,植株平均产量从5647kg/ha增加到6594kg/ha。芥菜籽粒平均产量从1645kg/ha增加到2257kg/ha,植株平均产量从4041kg/ha增加到5077 kg/ha。

施钾也同样提高了木豆和芥菜蛋白质与油脂含量。对照处理中木豆籽粒蛋白质含量21.01%,高钾处理K₈₀将蛋白质含量提升至21.95%。芥菜籽粒平均油脂含量则从37.01%(对照处理)增加到40.98%(K₆₀处理)。

木豆籽粒和植株钾含量分别从1.53%和1.58%增加到2.51%和2.56%,芥菜籽粒中钾含量则从0.88%增加到0.99%。芥菜植株中钾含量未见变化。

增施钾肥弥补了土壤钾平衡的亏缺。从0到80kg/ha K₂O处理中,木豆和芥菜吸收带走的钾量分别为163~194kg/ha和143~184kg/ha。在增施同等水平钾肥条件

⁽¹⁾ 通讯作者: tiwardi_csa@indiatimes.com

⁽²⁾ 土壤与农业化学系,坎普尔Chandra Shekhar Azad (CSA)农业技术大学,208002,印度北方邦



在Uttari Pura的肥料研究站的芥末试验地, Kanpur农业和技术大学。摄影: E.Sokolowski。

表1 印度和北方邦木豆和芥菜产区与生产率 (2009—2010)

作物		印度	北方邦
木豆	面积(百万ha)	3.86	0.31
	产量(百万mt)	2.9	0.20
	生产率(kg/ha)	751	662
芥菜	面积(百万ha)	6.51	0.61
	产量(百万mt)	7.67	0.68
	生产率(kg/ha)	1,179	1,113

数据来源: 印度农业部农业合作局经济与统计理事会

下, 木豆试验亏缺钾量从163kg/ha降至114kg/ha, 而芥菜则从143 kg/ha降至104kg/ha。

前言

相当比例的印度人以素食为主, 植物油脂和植物蛋白成为饮食中脂肪和蛋白的主要来源。植物油脂和植物蛋白主要来源为油料作物和豆科作物。豆科作物提供蛋白质, 油料作物则同时提供脂肪和蛋白质, 这是因为丰富的蛋白质组织内储存和合成脂肪。木豆 (*Cajanus cajan*) 和芥菜 (雪里蕻 *L.Czern*) 都是北方邦主要的豆科作物和油料作物, 其种植面积、产量和生产率见表1。这两种作物对养分的需求与小麦和水稻的需求十分相似, 在不同的土壤条件下都能旺盛生长。一般地, 农户施用较少的氮肥和磷肥, 基本不施钾肥。即使不考虑植株其他重要生理生化过程对钾的需求, 缺钾会导致作物产量低下, 质量不佳, 这是因为钾是油料作物和豆科作物生物合成油脂和蛋白质的重要元素。

本文在四个生长季节开展大田试验, 研究在其他营养元素充足的条件下, 增施钾肥对木豆和芥菜产量和质量的影响。两种作物均测定籽粒、植株产量与钾含量。木豆测

定蛋白质含量, 芥菜测定油脂含量。计算作物吸收带走的钾以及植株—土壤系统中的钾平衡。

材料与方

大田试验于2007~2011年, 在坎普尔Chandra Shekhar Azad (CSA)农业技术大学, 北方邦肥料研究站进行。试验作物为木豆 (Kharif季节作物) 和芥菜 (Rabi季节作物)。以氯化钾为钾肥, 基施, 设定5个钾肥用量分别为0, 20, 40, 60和80 K_2O kg/ha。选择尿素, 磷酸二铵 (DAP), 石膏和硫酸锌为氮、磷、硫和锌肥, 通过土壤化学分析确定其施用量并均匀施用。试验小区面积为40m²。土壤呈中性 (pH 7.3), 有机碳含量低 (0.41%), 缺硫 (16.3kg/ha) 和有效锌 (0.51mg/kg)。土壤中速效氮 (N)、有效磷 (P_2O_5) 和有效钾 (K_2O) 分别为180, 12.5 和195 kg/ha。

采取必要的农田管理措施。在成熟期、收获期记录每个处理籽粒和植株产量。

土壤pH, EC值, 有机碳和有效氮磷钾采用标准的方法测定 (Jackson, 1973)。

土壤有效硫在用摩根萃取液提取后, 采用浊度滴定法测定 (Chesnin and Yein, 1951)。土壤有效锌由DTPA萃取后采用原子吸收法测定 (Lindsay and Norvell, 1978)。

木豆籽粒氮含量由凯氏定氮法测定, 蛋白质含量由氮含量乘以6.25系数进行估算。芥菜籽粒油脂采取索氏法测定。用硝酸和高氯酸消煮籽粒和植株样品, 后用火焰光度计法测定钾含量 (Jackson, 1973)。

结果与讨论

产量

在每年的试验中, 钾肥施用量为80kg/ha的处理都显著地增加了木豆的籽粒和植株产量 (见表2)。与对照相比, 高钾处理 (80 K_2O kg/ha) 的籽粒平均产量提高了29.8%。四年内作物产量平稳, 施用钾肥的处理年年都显著地增加了作物产量。

施钾能显著提高籽粒和植株产量 ($R_2 > 0.95$; 图1), 这意味着钾肥施用量越高, 产量增加越多。产量随着植株在生理生化过程对钾需求的增加而增加, 其过程包括光合作用, 植物土壤与水的关系, 蛋白质合成, 以及植株体内至少60种不同酶系统对钾的需求。施用钾肥有利于增加作物产量的这一结论与Prasad et al.相似 (1993)。

在木豆上施用高钾60kg/ha处理, 钾的农学效率在5.07~6.60kg/kg之间变化。

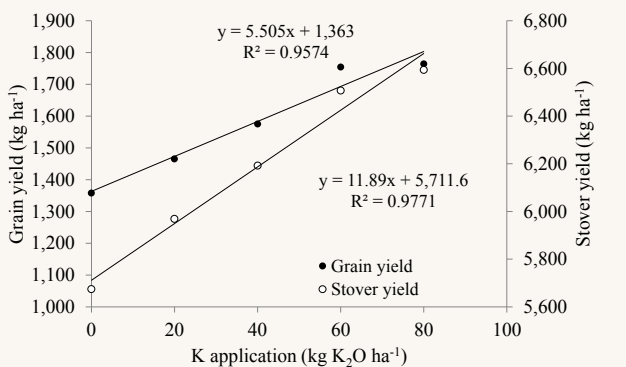
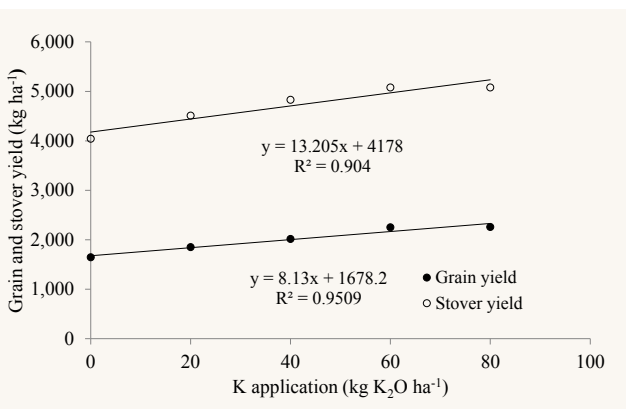
试验中施用60kg/ha (K_2O) 处理也显著地增加芥菜籽粒和植株产量 (见表3)。与对照相比, 高钾处理

Table 2. Effect of treatments on grain and stover yield (kg ha⁻¹) of pigeon pea.

Treatments	Kharif 2007		Kharif 2008		Kharif 2009		Kharif 2010		Mean		Response over control (grain)	AE _K * (grain)
	Grain	Stover	Grain	Stover	Grain	Stover	Grain	Stover	Grain	Stover		
<i>kg K₂O ha⁻¹</i>	<i>kg ha⁻¹</i>											
K ₀	1,206	5,462	1,395	5,875	1,380	5,547	1,450	5,810	1,358	5,674	-	-
K ₂₀	1,400	5,906	1,480	6,095	1,450	5,756	1,530	6,120	1,465	5,969	7.9	5.35
K ₄₀	1,575	6,269	1,585	6,290	1,520	5,897	1,620	6,310	1,575	6,192	15.9	5.42
K ₆₀	1,744	6,500	1,750	6,750	1,710	6,207	1,810	6,570	1,754	6,507	29.2	6.60
K ₈₀	1,750	6,631	1,765	6,745	1,720	6,398	1,820	6,600	1,764	6,594	29.8	5.07
CD (p = 0.05)	87	308	120	320	65	175	78	170	-	-	-	-

*AE_K = Agronomic efficiency of potassium**Table 3.** Effect of treatments on grain and stover yield (kg ha⁻¹) of mustard.

Treatments	Rabi 2007/8		Rabi 2008/9		Rabi 2009/10		Rabi 2010/11		Mean		Response over control (grain)	AE _K * (grain)
	Grain	Stover	Grain	Stover	Grain	Stover	Grain	Stover	Grain	Stover		
<i>kg K₂O ha⁻¹</i>	<i>kg ha⁻¹</i>											
K ₀	1,763	4,040	1,650	3,940	1,675	3,983	1,490	4,200	1,645	4,041	-	-
K ₂₀	2,100	5,403	1,735	4,120	1,890	4,200	1,670	4,310	1,849	4,508	12.4	10.2
K ₄₀	2,315	6,045	1,890	4,340	2,035	4,440	1,820	4,490	2,015	4,828	22.5	9.3
K ₆₀	2,467	6,458	2,185	4,520	2,250	4,650	2,100	4,680	2,251	5,077	36.8	10.1
K ₈₀	2,468	6,461	2,190	4,515	2,260	4,630	2,110	4,700	2,257	5,077	37.2	7.7
CD (p = 0.05)	133	375	125	170	140	180	135	109	-	-	-	-

*AE_K = Agronomic efficiency of potassium**Fig. 1.** Effect of treatments on grain and stover yields of pigeon pea (average of four years, 2007-2010).

(80kg/ha) 籽粒平均产量增加了37.2%。与木豆产量一样, 四年间芥菜产量稳定, 可见每年施钾效果明显。

施用钾肥能显著增加籽粒和植株产量 ($R^2 > 0.9$; 图2), 意味着钾肥施用量越高, 产量增加越多。

在芥菜上施用最高达20kg/ha的钾肥处理, 芥菜籽粒中钾的农学效率很高, 变化范围为7.7~10.2 kg/kg。

钾含量

与对照相比, 施钾的处理木豆籽粒和植株钾含量均有所增加。木豆籽粒钾含量从1.53%增加到1.58%, 植株中钾含量则仅从2.51%增加到2.56% (见表4)。随着产量的增加, 被吸收带走的钾也不断增加, 达到194kg/ha (见表4)。同样地, 芥菜籽粒钾含量有所提高 (从0.88%增加到0.99%), 而植株中的钾含量未见变化 (见表5)。作物产量的增加导致吸收带走的钾增多, 达到184kg/ha (见表5)。

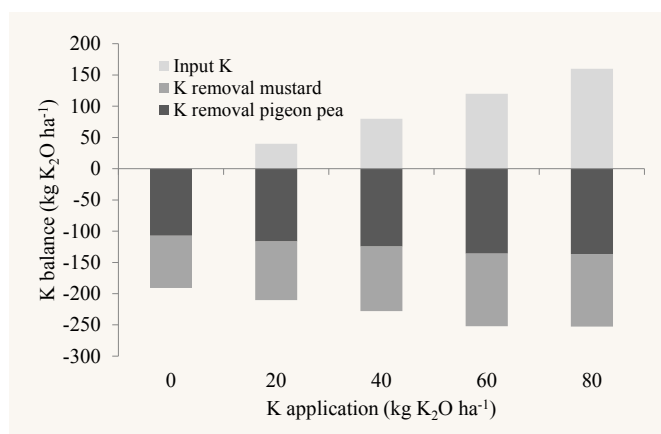
木豆—芥菜轮作系统中的钾平衡, 是以作物籽粒 (种子) 和植株 (完全移除的植株) 年均吸钾量为依据 (图3, 以表4和表5为依据)。在该系统中的两种作物钾的吸收带走率相差无几, 每种作物每年约吸收带走钾 K_2O 100kg/ha (表4和表5)。芥菜籽粒吸钾量高于植株吸钾量 (表5)。钾肥用量是根据输入钾和输出钾来计算的, 输出钾即作物吸收带走的钾 (图3)。结果显示, 所有处理中的钾平衡

Table 4. Effect of treatments on percent K content in pigeon pea (Kharif 2007-2010) and removal of K by the crop (kg K₂O ha⁻¹).

Treatments	Kharif 2007		Kharif 2008		Kharif 2009		Kharif 2010		Mean				
	K concentration										Removal of K		
	Grain	Stover	Grain	Stover	Grain	Stover	Grain	Stover	Grain	Stover	Grain	Stover	Total
kg K ₂ O ha ⁻¹	-----%-----										-----kg K ₂ O ha ⁻¹ -----		
K ₀	1.42	2.17	1.72	2.64	1.44	2.34	1.56	2.87	1.53	2.51	20.8	142.4	163.2
K ₂₀	1.50	2.15	1.74	2.72	1.51	2.47	1.65	3.00	1.55	2.56	22.7	152.8	175.5
K ₄₀	1.57	2.21	1.73	2.70	1.48	2.40	1.67	2.98	1.56	2.54	24.6	157.3	181.8
K ₆₀	1.56	2.32	1.80	2.68	1.55	2.41	1.73	2.84	1.58	2.55	27.7	165.9	193.8
K ₈₀	1.51	2.33	1.79	2.68	1.51	2.45	1.75	2.84	1.57	2.52	27.7	166.2	193.9

Table 5: Effect of treatments on percent K content in mustard (Rabi 2007/08-2010/11) and removal of K by the crop (kg K₂O ha⁻¹).

Treatments	Rabi 2007/8		Rabi 2008/9		Rabi 2009/10		Rabi 2010/11		Mean				
	K concentration										Removal of K		
	Grain	Stover	Grain	Stover	Grain	Stover	Grain	Stover	Grain	Stover	Grain	Stover	Total
kg K ₂ O ha ⁻¹	-----%-----										-----kg K ₂ O ha ⁻¹ -----		
K ₀	1.04	3.05	1.04	3.15	1.04	3.14	1.00	3.07	0.88	3.18	14.5	128.5	143.0
K ₂₀	1.05	3.19	1.03	3.20	1.04	3.25	1.01	3.12	0.91	3.11	16.8	140.2	157.0
K ₄₀	1.05	3.34	1.09	3.23	1.09	3.25	1.02	3.09	0.91	3.15	18.3	152.1	170.4
K ₆₀	1.05	3.46	1.20	3.22	1.22	3.17	1.09	3.10	0.99	3.18	22.3	161.4	183.7
K ₈₀	1.06	3.31	1.20	3.24	1.20	3.18	1.08	3.13	0.98	3.19	22.1	162.0	184.1



均显示亏缺, 每年每公顷亏缺范围从200 (K=0)到100kg (K=80)K₂O不等。即使是高钾处理, 土壤中钾矿化速度也十分迅速。

木豆的蛋白质含量和芥菜的油脂含量

在整个试验中, 木豆籽粒蛋白质含量在22%左右(表6)。蛋白质含量范围从21%到22.15%, 分别为对应对照处理和高钾80kg/ha的处理。籽粒中蛋白质含量增加

可能是因为增施钾肥提高了氮肥的利用率。Pathak *et al.* (1999) 和Tiwari *et al.* (2009)也得出了相似的结论。

每年的试验中, 施用60kg K₂O/ha钾肥的处理均能显著地增加芥菜籽粒中油脂的含量(见表6)。施用60kg K₂O/ha处理的芥菜籽粒油脂含量最高(40.98%), 与未施用钾肥的对照处理相比提高了16%。这一结论与Kushwaha 和Ali (1999)结论相一致。

结论

施用60kgK₂O/ha的处理显著地提高了木豆和芥菜产量与品质。在此施肥量的处理下, 木豆产量增加了29%, 芥菜增加了37%。木豆和芥菜钾的农学效率(分别为6.6和10.2)表明施钾有稳定的经济回报。

增施钾肥不仅提高了作物产量和钾肥吸收带走量, 而且也相应地增加了籽粒和植株中的钾含量。试验中所施用的钾肥不足, 不能阻止整个农作系统中钾的亏缺, 每年大约缺钾100kg K₂O/ha。

施用钾肥显著地增加了木豆中的蛋白质含量和芥菜

Table 6. Concentration of protein and oil in pigeon pea and mustard seeds respectively.

Treatments	Pigeon pea					Mustard				
	2007	2008	2009	2010	Mean	2007/8	2008/9	2009/10	2010/11	Mean
	-----Protein (%)-----					-----Oil (%)-----				
K ₀	21.20	20.90	20.95	21.00	21.01	37.52	36.90	37.55	36.10	37.01
K ₂₀	21.57	21.15	21.20	21.25	21.29	38.82	38.10	38.70	37.75	38.34
K ₄₀	21.74	21.20	21.55	22.00	21.62	40.26	39.15	39.85	38.40	39.41
K ₆₀	21.75	21.75	22.05	22.10	21.91	41.00	41.25	41.20	40.50	40.98
K ₈₀	21.85	21.70	22.10	22.15	21.95	41.18	41.10	41.15	40.30	40.93
CD (p = 0.05)	0.19	0.20	0.24	0.21		0.67	0.75	0.80	0.85	

籽粒中的油脂含量,提高了作物的经济价值。

基于4年稳定的试验结果,我们认为在北方邦钾含量中等的土壤上种植木豆和芥菜要获得高产量,应施用60kg/ha K₂O钾肥。然而,图1和图2表明,钾肥用量仍有提升的空间,这一举措可增加额外的产量,同时也可减少钾亏缺。

致谢

感谢总部在瑞士的国际钾肥研究所 (IPI) 对本研究的经费支持。感谢S.K. Bansal博士,印度钾肥研究中心 (PRII), Gurgaon对本试验研究的指导与督促。

参考文献

Chesnin, L., and C.H. Yein. 1951. Turbidimetric Determination of Available Sulphur. *Proceeding of Soil Science Society of America* 15:149-157.

Jackson, M.L. 1973. *Soil Chemical Analysis*. Printice Hall India Pvt. Ltd, New Delhi, India.

Kushwaha, B.L., and A. Masood. 1999. Response to Applied Potassium in Pulses and Oilseeds in U.P. *In: Proceeding of workshop "Use of Potassium in U.P. Agriculture"*. p. 69-78.

Lindsay, W.L., and W.A. Norvell. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. *Soil Science Society of America Journal* 42:421-428.

Pathak, R.K., T.P. Tiwari, and K.N. Tiwari. 1999. Effect of Potassium on Crop Quality in Uttar Pradesh. *In: Proceeding of Workshop "Use of Potassium in UP Agriculture"*. p. 112-119.

Prasad, S., and D.N. Shukla. 1993. Effect of Interaction of Nitrogen, Potassium and Cycocel on Growth Characters in Relation to Grain Yield of Mustard (*Brassica juncea* L.) *Indian J. Agric. Res.* 27(1):13-20.

Tiwari, D.D., R.C. Nigam, and S.B. Pandey. 2009. Effect of Potassium Application on Yield and Quality of Linseed in Central Plain Zone of U.P. *In: Proceeding of IPI-OUAT-IPNI International Symposium, Bhubneshwar, India.* p. 232-233.

论文“施用钾肥对北方邦中心平原地区木豆(*Cajanus cajan*)和芥菜(*Brassica juncea* L. Czern)产量和品质的影响”在IPI网站[区域活动/印度](#)栏目找到。



Farmers' meeting at the Fertilizer Research Station Uttari Pura, Univ. of Agric. & Tech., Kanpur. Photo by E. Sokolowski.

IPI学术活动

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。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。

- 钾肥对中国可持续粮食安全的作用
张福锁和张卫峰 (中国北京, 中国农业大学)
- 模拟施钾对土壤固定CO₂的影响
Benayahu Bar-Yosef and Jiftah Ben Asher (以色列Katif研究中心农业生态所)
- 田间尺度下生物能源作物的钾和磷通量: 理论上的能量产量和管理影响
Sylvie Brouder (美国普渡大学)
- 营养精准管理: 现状和将来需求
Raj Khosla (美国科罗拉多州立大学)
- 中国的钾素平衡和肥料需求
张卫峰 (中国北京, 中国农业大学)
- 中国谷类作物养分利用效率的变化 (1990-2010)
崔振岭 (中国北京, 中国农业大学)
- 影响非交换性钾释放的因素和土壤非交换性钾生物有效性的量化方法
周健民 (中国科学院南京土壤研究所)
- 土壤钾库和钾通量: 长期农业试验的田间平衡和矿物学研究
Magnus Simonsson (瑞典农业科学大学)
- 钾素对种植在多种土壤上的水稻和小麦的有效性评价方法比较
王火焰 (中国科学院南京土壤研究所)
- 过去20年来中国粮食主产区钾素演变特征
张惠民和徐明岗 (中国农业科学院)
- 秸秆还田对土壤养分和作物产量的影响
涂世华 (国际植物营养研究所; 中国四川农科院)
- 中欧国家典型农作系统中土壤钾库现状和需求
Pavel Čermák (捷克布拉格, 作物研究所)
- 盐化土壤条件下土壤和作物中钾钠交互作用
Abdul Wakeel (巴基斯坦Faisalabad, 农业大学)
- 阿根廷灌溉地区园艺作物施钾的盐分管理
Ricardo Melgar (阿根廷农业科学技术研究院)
- 天然脱落酸 (S-ABA) 对钾素吸收的正效应对钾肥利用率的影响
来自中国中化集团的专家
- 钾和抗逆作用: 生理功能与管理
Derrick Oosterhuis (美国阿肯色大学)
- 钾素吸收和利用效率的基因型差异
Zed Rengel (西澳大学)
- 提高农作物对钾素的捕获和利用效率
Philip White (英国James Hutton研究所)
- 中国作物钾素高效利用机理研究
陈防 (国际植物营养研究所; 中国科学院武汉植物园)
- 水稻对缺钾适应性
徐国华 (中国南京, 南京农业大学)
- 农作物施钾对水分利用效率的影响
Vitold Grzebisz (波兰, Poznan农业大学)
- 以色列基于最佳产量指导的柑橘叶片矿质营养状况评估标准
Eran Raveh (以色列农业研究院农业研究中心)
- 北美机械化保护性耕作系统中的钾素管理
Xinhua (Frank) Yin (美国田纳西大学)
- 南亚水稻-玉米耕作系统中的钾素管理
J. Timsina (澳大利亚, 国际稻米研究所咨询员)
- 中国灌溉施肥系统中的钾源: 氯化钾和氯酸钾比较
张承林 (中国广州, 华南农业大学)
- 温室番茄的钾和镁的营养状况: 蔬菜和水果的更好的钾镁管理经验
Volker Römhild (德国Hohenheim大学) 和陈清 (中国北京, 中国农业大学)
- 中国冬油菜的钾素管理
鲁健巍 (中国武汉, 华中农业大学)
- 中国玉米的钾素管理
陈新平 (中国北京, 中国农业大学)
- 施钾对茶叶营养成分和产量以及对土壤钾素含量的影响
阮建云 (中国杭州, 中国农科院茶叶所)
- 作物钾素平衡和施钾效应
何平 (国际植物营养研究所; 中国农科院农业资源与农业区划研究所)
- 网络和移动电话的应用为农民提供定点的养分管理
Roland Buresh (菲律宾, 国际水稻所)
- 新疆钾素和灌溉管理; 1990-2010年土壤钾素变化危常州 (中国新疆, 石河子大学)
- 叶面施肥和钾素水平对柚子营养状况和产量的影响
Alminda M. Fernandez (菲律宾东南大学)
- 改革推广系统, 提高作物产量和资源利用效率
张宏彦和李晓林 (中国北京, 中国农业大学)

2012年7月

IPI-FAI联合举办面向肥料经销商的“平衡施肥和养分综合管理”培训班,于2012年7月13日在印度Bihar邦的首府Patna市举办。欲知更多信息,请和Dr. S.K. Bansal联系。

其他学术活动

2012年7月

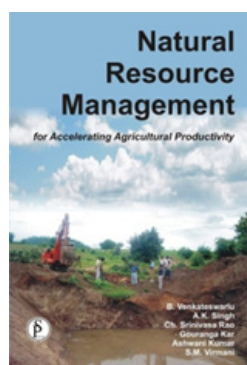
国际水溶性肥料交流大会及展览,2012年7月3-5日在中国北京举办。组织者:中国化工信息中心(CNCIC);协办:新农业国际杂志。更详细信息请访问会议网址。

第十一届国际精准农业会议于2012年7月15-18日在美国印第安纳州印第安纳波利斯举办。更多详细信息请访问会议网址。

2012年11月

第一届国际农业生物刺激素会议于2012年26日-29日在法国Strasbourg举办。农业生物刺激素包括化合物、单一物质和产品的多种配方,他们用于植物或者土壤可以调节或者加强作物的生理过程,提高生产能力。会议由新农业国际杂志主办(请见会议网址)。

最新出版物



强化自然资源管理, 提高农业生产能力

Venkateswarlu, B., A.K. Singh, Ch. Srinivasarao, G. Kar, A. Kumar, and S.M. Virmani. 2012. ISBN: 978-93-80012-36-0.

像土地、水和生物多样性等自然资源都是保持农业生产能力可持续发展的关键因素。依赖土壤和水等自然资源的设施农业和其他非农企业等导致这些资源的退化并威胁到食物安全与生态系统的可持

续性。Studium Press (india) Pvt. Ltd 公司, 新德里, 110002, Email: studiumpress@gmail.com, website: <http://www.studiumpress.in>.

来自IPI在巴西的项目“水稻施钾增强植物抗逆性”:

Adução potássica e a supressão da brusone de arroz em várzeas tropicais no Brasil. Maria da Conceicao Santana Carvalho, CNPAF; Jaison Pereira de Oliveiry, CNPAF; Pedro Luiz Oliveira de a Machado, CNPAF; Alexey Naumov, International Potash Institute. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 33., 2011, Uberlândia. Solos nos biomas brasileiros: sustentabilidade e mudanças climáticas: anais. [Uberlândia]: SBCS: UFU, ICIAG, 2011. [Download the paper.](#)

钾盐发展协会的出版物



土壤钾素和氮素在植物中的交互作用

Johnston, A.E., and G.F.J. Milford. 2012. 可以从PDA的网站下载。

钾盐发展协会(PDA, 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。

钾素文献

马铃薯储藏研究在欧洲的发展近况

Gottschalk, K. 2011. *Potato J.* 38(2):85-99。

摘要: 马铃薯储藏近期发展趋势和前景主要是寻找可替代的方法和材料, 如培育新品种、发现生物发芽抑制剂、投资新的存储设施和技术以满足客户需求, 气候变化和管理规范的要求。本文讨论了充气储藏或气调储藏用于马铃薯储藏的可行性。在密闭的储藏室中释放乙烯的做法被证明可以控制生物的休眠。臭氧用于抑制细菌的滋生, 从而减少疾病传播的风险。小规模有机种植户们对利用精油来抑制生物发芽的方式十分感兴趣。相对于大型的存储仓库而言, 小型的箱式储藏则具有更便利、易运输、易搬动和可按不同品种进行细分储藏等优点。大的存储箱由于流通空气的对流, 因此需要采用特殊方式来确保温度的均一性。吸收式制冷机可以用作马铃薯存储时的降温系统。供热可采用沼气发电的方式。温室气候控制器可配备相应的模块来控制CO₂浓度和空气湿度。这些方法同样可以应用到土豆表皮干燥和抗冷凝。新的控制系统包含了天气预报和在线控制(或通过移动电话进行监控)等功能。

印度的马铃薯增长率及其对工业的意义

Scott, G.J., and V. Suarez. 2011. *Potato J.* 38(2):100-112。

摘要: 在过去的60年里, 印度的马铃薯产量从130万t增加到了3400多万t, 使得印度成为了全球第二大马铃薯生产地。尽管如此, 产量的惊人增长却掩盖了马铃薯生产、种植面积和产量等方面增长不太明显等趋势。虽然马铃薯的种植面积得到了扩大, 但马铃薯的产量却起伏不定。当每公顷的单产持续增加时, 单产增长率却逐渐停止。本文分析了如上所述及其他一些与马铃薯有关的增长率方面的现状, 以发现在马铃薯产品、种植面积和产量等背后的驱动因素; 预测未来马铃薯领域的最有可能的发展前景; 保持同前些年一样的产量和利用率对于工业的意义。其他建议还有, 马铃薯冷藏的重要生态效益、致力于发展小规模的炸薯条的处理工艺以适应工业化运作的需要、加倍提高马铃薯营养特性等。

印度南比哈尔冲击平原上基于种植制度的马铃薯氮素养分综合管理

Singh, S.K., and S.S. Lal. 2011. *Potato J.* 38(2):162-169。

摘要: 2005~2006到2007~2008年, 在Trans Gangetic平原的巴特那粘壤土上开展的田间试验验证了4个不同肥力管理措施对马铃薯 (*Solanum tuberosum* L.) -绿豆 (*Vigna radiata* L.) -水稻 (*Oryza sativa* L.)、马铃薯-玉米 (*Zea mays*

L.) -水稻和马铃薯-洋葱 (*Allium cepa* L.) -水稻这三种马铃薯种植制度的单产和资源利用率的影响。4个肥力管理措施为, 单独的或与其他作物一起还田的所有轮作制度中的作物上都施用推荐用量的肥料, 在水稻上施用 *Sesbania* 绿肥和只在冬马铃薯上施用10t/ha的厩肥。马铃薯-洋葱-水稻种植制度单产量 (60.24t/ha)、纯收入 (98990/ha)、B:C (1.13)、生产效率 (190.99kg/ha/day) 和货币回报率 (313.6/ha/day) 最高。马铃薯-绿豆-水稻种植制度产量可持续指数、有机碳、土壤有效态的氮磷钾含量最高。施用绿肥 *Sesbania* 的种植制度中的产量、土地利用率、有机碳和土壤有效态氮磷钾的值最高, 而当在马铃薯上施用厩肥10t/ha时, 纯收益、B:C、生产效率、货币回报率和产量可持续指数等项目的数值最高。

有机肥长期施用对土壤性质的影响

Maltas, A., H. Oberholzer, R. Charles, V. Bovet, and S. Sinaj. 2012. *French. Recherche Agronomique Suisse* 3(3):148-155。

摘要: 1976年开始在Changins试验了施用不同有机肥(绿肥、谷物秸秆、每3年施用粪肥35-70t/ha、每3年施用牛粪尿60m³/ha)和矿物质肥料(4种氮肥用量)的效果。本研究分析了其对土壤的有机、无机和生物性状的长期影响。经过34年的试验, 当作物的氮肥施用量达到最佳时, 施用矿物质肥料的处理中, 土壤有机质(SOM)含量减少0.50g/100g, 在绿肥和秸秆处理中减少0.20g/100g, 在每3年施用粪肥35t/ha和每3年施用牛粪尿60m³/ha的处理中减少0.18g/100g。只有在每3年施用粪肥70t/ha的处理中, 有机质含量增加0.15g/100g。除微量元素的含量以外, 有机肥料对土壤的主要化学性状的影响并不显著。在施用粪肥和牛粪尿的处理中, 土壤经EDTA浸提法所测得的铜、铁、锌、锰含量要高于矿物质肥料处理中所测得的值。有机肥对微生物的活性和数量有着积极作用, 似乎能改变其组成。

有机肥长期施用对作物产量和氮肥的影响

Maltas, A., R. Charles, V. Bovet, and S. Sinaj. 2012. *French. Recherche Agronomique Suisse* 3(3):156-163。

摘要: 1976年开始在Changins试验了施用不同有机肥(绿肥、谷物秸秆、每3年施用粪肥35~70t/ha、每3年施用牛粪尿60m³/ha)和矿物质肥料(4种氮肥用量)的效果。本研究分析了其对作物产量、氮肥需求和土壤中矿物质氮素含量的长期影响(34年)。当对氮素施用量不进行限制时, 有机肥施用种类的不同会对作物产量产生不同的影响。在有机肥施用的当年和施用后的年份里, 施用粪肥处理中的作物产量相比不施有机肥的处理, 产量增加, 而施用绿肥和采用秸秆还田的处理, 产量则下降。但是, 将过去34年

的数据进行平均, 这些效应还是不太明显。相反, 当限制氮素的施用量时, 施用所有种类的有机肥都会对作物产量产生积极的长期效应。有机肥(当年田间施用)的作用既可能是正面的, 也可能是负面的。未施化肥只施绿肥时, 在绿肥分解的当年会增加对氮肥的需求, 但在随后的时间里又会减少需求。当施氮60kg/ha时, 在绿肥分解的当年及随后的年份里, 对氮肥的需求都会减少。秸秆还田的肥效几乎可以忽略不计。施用粪肥和牛粪尿的3年内, 对氮肥的需求会显著减少。如将粪肥带来的养分计算在内的话, 作物收获时, 粪肥处理中土壤矿物质氮的含量要高于不施有机肥的处理。

不断变化的气候条件下滴灌在马铃薯生产方面的发展潜力

Ballmer, T., T. Hebeisen, R. Wüthrich, and F. Gut. 2012. French. *Recherche Agronomique Suisse* 3(5):244-251。

摘要: 2008至2010年, Agroscope Reckenholz Tnikon 研究站(ART)研究了在Agria和Charlotte这两种不同的马铃薯品种上进行滴灌的效果。滴灌管道铺设于作物行间或每个垄沟中, 其供水量均保持一致。仅在2008年, 设有滴灌措施的马铃薯的总产有提高的趋势。2008和2009年, Agria品种采用滴灌措施后, 其商品率提高了12%~16%。垄灌处理在所有的3年试验中, 大薯率(>70mm)均最低。在所有3年的滴灌处理中, Agria品种的薯块平均尺寸增加了2%~9%。Charlotte品种上, 滴灌对马铃薯薯块的尺寸大小没有影响。3年试验中有2年, 2个品种的薯块淀粉含量在滴灌处理中的都较高。相比未采用滴灌的马铃薯薯块而言, 采用滴灌的薯块的粉状疮痂病的患病率较高, 而疮痂病患病率则较低。滴灌技术是未来保障马铃薯产量和品质的一种既节水、又节能的措施。

变性土上作物钾肥效应和钾肥需求: 长期肥效试验结果分析

Muneshwar Singh, and R.H. Wanjari. 2012. Indian J. Fert. 8(3):26-32。

摘要: 肥料长期试验(LTFE)是为了监测不同土壤和种植制度中养分含量对作物的效应, 以维持生产力、确保国家粮食安全。多年的长期肥料试验结果表明, 原先认为富钾的土壤施用钾肥依然有效。因此, 在评定施用钾肥肥效时, 多年获得的数据可以用于验证钾肥施用效果。试验结果表明, 最初在贾巴尔普尔(Jabalpur)的大豆试验逐渐呈现出钾肥肥效。然而, 在刚开始时, 小麦的钾肥肥效要远高于大豆。在阿克拉(Akola), 高粱和小麦作物上施用钾肥都有肥效, 而且尽管施钾量超过了相关标准的推荐量, 但随着时间的增加施钾效应还在增加。对土壤钾素含量分

析表明, 如果施肥方案中缺少钾肥, 会导致土壤中钾的含量下降2.1~9.7kg/ha, 同时, 增施磷肥会促进钾的矿化。土壤有效钾含量下降的状况可以通过增施钾肥来改变, 有些情况下还会提高土壤有效钾的含量。上述结果表明, 在对变性土的等级评定中, 需要调整或增加钾的限量, 以提高变性土中钾的推荐量。

恒河平原(Indo-Gangetic Plains)水稻、小麦和玉米种植施用钾肥的经济意义

Majumdar, K., A. Kumar, V. Shahi, T. Satyanarayana, M.L. Jat, D. Kumar, M. Pampolino, N. Gupta, V. Singh, B.S. Dwivedi, M.C. Meena, V.K. Singh, B.R. Kamboj, H.S. Sidhu, and A. Johnston. 2012. Indian J. Fert. 8(5):44-53。

摘要: 过去3年中, 施用钾肥的成本增长很快。直线上升价格引发了当谷类作物最低收购价(MSP)偏低时, 继续施用钾肥还能否受益的争议。恒河平原水稻、小麦和玉米上施用钾肥肥效的研究表明, 作物产量和钾肥用量呈显著相关, 且受土壤种类、作物和管理水平等因素影响。不施钾会导致水稻、小麦和玉米产量分别平均降低622、715和700kg/ha。这表明, 在水稻、小麦和玉米这3种谷类作物上, 不施用钾肥会造成当地农户在作物产量和经济效益上遭受损失, 同时也会影响全国的谷类作物产量。在水稻、小麦和玉米上施用钾肥的经济回报分别为, 每卢比投入施钾得到5.5、4.4和3.2卢比的回报。按照预计的钾肥成本和谷类作物最低收购价的经济评估也表明, 施用钾肥可以取得较好的回报。考虑到钾肥肥效的可变性较高, 全面施用钾肥的建议很可能会由于农户多数情况下钾肥施用偏低或过高而导致经济受损。依据预测作物产量的定点精确钾肥管理的方法, 可以提高谷类作物的产量和收益。

德国钾肥长期试验中土壤微观尺度的流动变形行为

Holthusen, D., S. Peth, R. Horn, and T. Kühn. 2012. Z. Pflanzenernähr. Bodenk. DOI: 10.1002/jpln.201100073. *J. Plant Nutr. Soil Sci.*

摘要: 施钾对土壤结构影响的研究有很多报道, 例如, 钾肥施用会加强水土流失, 同时也会提高土壤对水分的保持。然而, 钾肥对于土壤微观结构的影响, 还很少有人分析。在德国不同的肥料长期试验中采集土壤样品, 使用振幅扫描测试的方法进行了流变学的检测, 这些土壤样品受到了挠度增大的震荡剪切力。对检测结果的剪应力进行了记录, 最大应力表示了样品的最大抗剪强度。结果表明, 钾的两面性的影响主要取决于土壤性质。一方面, 根据DLVO理论(一种关于胶体稳定性的理论), 增加土壤溶液离子浓度会导致吸引力的增加, 因此剪切阻力增加。随着干燥程度的加强, K^+ 会如同其他的盐分离子那样, 在颗

粒接触表面形成沉淀,从而导致土壤颗粒的粘结。另一方面, K^+ 作为一种单价离子,会阻止粘土矿物间共价键和离子键结合,除了砂质土施用钾肥后增加了土壤的强度外,多数受试土壤都是这样。钾素的亏缺会增强肥料施用和气候、土壤性质等影响因素之间的交互作用。因此,施石灰比不施石灰的土壤 K^+ 的不稳定效应更明显。此后,按照选取的土壤参数所建立的模型证明,土壤基质势的影响作用较强。模型也解释了土壤其他参数之间的交互作用,如pH、氧化物、质地、交换性阳离子、相对推荐量的钾的亏缺和盈余。总之,土壤微观结构的稳定性依赖于土壤的某些性质和要求,这其中就包括了许多的土壤化学和物理性质。

在半干旱热带印度长期种植龙爪稷 (*Eleusine coracana* [L.] Gaertn) 的土壤中维持有机碳储量的临界碳输入量

Srinivasarao, C., B. Venkateswarlu, A. Kumar Singh, K. Pandu Ranga Vittal, S. Kundu, G. Ravindra Chary, G. Narayanaiyer Gajanan, and B. Kogganur Ramachandrappa. 2012. Z. Pflanzenernähr. Bodenkn.. DOI: 10.1002/jpln.201000429. Plant Nutr. Soil Sci.

摘要: 通过农田对大气中 CO_2 固定来提高土壤有机碳(SOC)的储量的方式十分重要,因为它对适应和减轻气候变化、提高作物生产能力和可持续性都有影响。在半干旱气候条件下开展了超过27年的长期肥效试验,通过旱作栽培龙爪稷(*Eleusine coracana* [L.] Gaertn),计算了作物残留中碳的输入量、肥料用量、施肥作物产量可持续性、淋溶土1m深剖面有机碳的固碳量,并推断出维持土壤有机碳含量的碳临界输入量。随机小区试验设计了4重复5处理,5处理为:空白对照、厩肥10Mg/ha、NPK肥推荐用量(N、 P_2O_5 、 K_2O 的用量分别为50、50、25kg/ha)、厩肥10Mg/ha+50% NPK肥推荐用量、厩肥10Mg/ha+100% NPK肥推荐用量。厩肥在单独施用或与其他化肥一起混施时,会提高碳的输入量,从而获得较高的碳储量。27年试验后,在施用推荐用量的化肥和施用10Mg/ha的厩肥的处理中,土壤有机碳储量为85.7 Mg/ha、碳积累为35.0%、碳固定量为15.4Mg/ha。这些值和累计的碳输入量呈正相关,也在可持续产量指标(SYI)上得到很好的反映。为了维持土壤有机碳的水平(不因作物种植而发生变化),就需要每年每公顷土壤上保持1.13Mg这个最低量的碳输入。控制碳损失时,施用化肥能优先维持碳储量。因此,施用化肥强化了厩肥施用对碳储量提高的作用。有机改良剂有助于改善气候变化对碳固定所造成的不利,也能提高印度半干旱地区的土壤肥力,从而获得作物的高产稳产。

实时动态监控方法评价带状耕作和免耕中撒施和深条施肥料时土壤磷钾状况

Fabián G. Fernández and Daniel Schaefer. 2011. DOI: 10.2136/sssaj2011.0202. Soil Sci. Soc. Am. J. 76(3):1090-1099.

摘要: 施用肥料会导致土壤中养分分布的不均匀,使得通过传统土壤取样方法很难判断整个区域的土壤肥力状况。我们的目标是,确定带状耕作和免耕土壤中磷和钾的分布,从而在评价种植行距为76cm的玉米(*Zea mays* L.)和大豆(*Glycine max* [L.] Merr)轮作中磷和钾含量时,改进土壤取样方法。在Pesotum, IL附近开展的3个试验中,设计了在2007-2009年玉米播种前的秋季,磷-钾混施用量分别为0-0、22-42、33-62、44-83、55-104、66-125和77-145kg/ha。施用方法为,免耕撒施(NTBC),带状耕作撒施(STBC),带状耕作深条施(STDB)。作物行(IR)表层15cm以下土壤采用RTK(Real Time Kinematic是采用了载波相位动态实时差分方法,能够在野外实时得到厘米级定位精度的一种GPS测量方法)卫星进行监控。每年在距作物行0、19、38、57cm处,10-30cm深的土壤取样测试磷和钾的含量。肥料深条施会减少地表磷和钾的含量,而增加施肥点的含水量,或者随着深施的深度变深而加大肥料施用量,撒施则会增加地表养分含量水平。土壤表层的钾含量水平在作物行间距的土壤中更高,这是因为钾会从逐渐枯老的作物中淋失。土壤测试结果表明,没有必要调整基于耕作方式和肥料施用方式设计的肥料用量。作物行上土壤取样点位和作物行间取样点位比例为1:3,可能更适合于评价在施肥地点和种植行距都不变的情况下,磷钾肥施用量范围和土壤测试较宽条件下土壤的肥力水平。

肥料撒施和深施条件下大豆根系分布、土壤水分、磷和钾含量状况

Bhupinder S. Farmaha, Fabián G. Fernández and Emerson D. Nafziger. 2011. DOI: 10.2136/sssaj2011.0202. Soil Sci. Soc. Am. J. 76(3):1079-1089.

摘要: 传统耕作方式通过施用肥料来提高养分的有效性。我们的目标是,确定耕作模式(免耕和带状耕作)、磷和钾的用量和施肥方式,对大豆(*Glycine max* [L.] Merr.)根系和土壤水分、磷和钾含量分布的影响。在Urbana, IL,对大豆-玉米(*Zea mays* L.)轮作开展了3年田间试验。在免耕撒施(NTBC),免耕深施(NTDB,在作物种植行土表15cm以下深施),带状耕作深施(STDB)三种条件下,磷-钾肥施用量分别为0-0、36-0、0-168和36-168 kg/ha/yr。按照0-5、5-10、10-20和20-40cm的取样深度,对作物行和作物行间土壤进行定期取样测试,测试内容包括作物根系分布、土壤水分、磷和钾含量等。相对于肥料撒施,深施能增加作物行土壤表层以下磷和钾的含量,而降

低土表的磷和钾含量,但对根系分布无影响。相对于免耕撒施和免耕深施,带状耕作深施能在灌浆阶段提高作物行间10cm厚度土壤20%的水分含量,该层土壤对养分的吸收最多(根据土壤测试结果得出)。在此区域,免耕撒施条件下生出并维持的根系比带状耕作深施的根系更多。然而,带状耕作深施条件下,作物茎的磷的积累量要高23%、钾高30%,同时,养分吸收也更多,单位根系面积的养分吸收率也更大。结果表明,相对于免耕撒施和免耕深施,带状耕作深施提供了更全面和更好的土壤条件以吸收磷和钾养分。

钾肥施用对苜蓿作物产量构成和土壤钾素亏缺的影响

Lloveras, J., C. Chocarro, L. Torres, D. Viladrich, R. Costafreda, and F. Santiveri. 2011. DOI: 10.2134/agronj2011.0293. *Agron. J.* 104(3):729-734.

摘要: 苜蓿 (*Medicago sativa* L.) 作物上钾肥的推荐施用取决于作物播种面积、土壤等级和作物的管理。本研究目的在于,确定地中海气候条件下施用钾肥对灌溉苜蓿种植的产量、产量构成和土壤交换性钾含量 (Ke) 的影响。在西班牙开展了时间跨度为4年 (2003-2006) 的田间试验,受试土壤的交换性钾含量为中等水平 (K: 161mg/kg)。设置了4个不同钾肥年施用量的处理 (K: 0、100、200、400kg/ha)。4年干物质 (DM) 的平均产量为74.9Mg/ha, 虽然不施肥处理的干物质产量最低,但是不同钾肥用量的处理间的产量并无差异。400kg/ha处理4年作物总的钾素 (K) 营养吸收量为1738kg/ha, 0kg/ha处理作物4年间钾素总吸收量为756kg/ha。钾素养分带走量要高于钾肥的施用量。试验结果表明,苜蓿作物上不应大量施用钾肥,因为作物施用过多的肥料并不能带来产量的增长。4个处理中,除了钾肥年施用量为400kg/ha的处理外,其他处理的交换性钾含量都逐年降低。不施用钾肥对作物的直立密度不影响,但施钾对与苜蓿产量构成直接相关的作物茎重有影响。

更多阅读

比较苹果和柑橘

Reganold, J.P., and A. Dobermann. 2012. DOI:10.1038/485176a. *Nature* 485:176-177.

作物秸秆还田和土壤肥力管理对印度南部淋溶土种植花生-龙爪稷的产量和土壤碳库的长期效应

Srinivasarao, Ch. et al. 2012. DOI: 10.1080/14735903.2012.662392. *International Journal of Agricultural Sustainability*.

磷钾营养元素的重要性及其使用的再思考

Dawson, C. 2011. *Royal Agricultural Society of England Journal*, Vol. 172.

完善西非区域肥料市场

Bumb, B. et al. March 2012. *IFPRI Policy Brief* 20.

可可植物的钠-钾协同效应: 对植物光合作用、土壤-水分利用率和矿质营养的刺激作用

Gattward, J.N., A.A.F. Almeida, J.O. Souza Jr., F.P. Gomes, and H.J. Kronzucker. 2012. DOI: 10.1111/j.1399-3054.2012.01621.x. *Physiologia Plantarum*.

施钾对春播向日葵杂交种的农学性状的影响

Zaidi, H.S. et al. 2012. *The Journal of Animal and Plant Sciences* 22(1):148-153.

不同施钾水平下紫外线B辐照对小萝卜的叶绿素荧光、气体交换性能和抗氧化性状的不同效应

Singh, S. et al. 2012. DOI: 10.1111/j.1399-3054.2012.01589.x. *Physiologia Plantarum* 145(3):474-484.

钾和锌对减少两种基因型小麦抗土壤盐碱的作用

Morshedi, A., and H. Farahbakhsh. 2012. DOI: 10.1080/03650340.2010.529610. *Archives of Agronomy and Soil Science* 58(4-6):371-384.

在盐分土壤上施钾对抗盐分和对盐分敏感的两基因型甘蔗的生长能力的效应

Ashraf, M. et al. 2012. DOI: 10.1080/03650340.2010.529609. *Archives of Agronomy and Soil Science* 58(4-6):385-398.

全球食品危机对生产决策的长期影响: 马来西亚的农场调查数据

Manabu Nose, and Futoshi Yamauchi. *The World Bank*.

柑橘对防止发展中国家维生素A缺乏症的作用

Burri, B.J. et al. 2011. DOI: 10.3733/ca.v065n03p130. *California Agriculture* 65(3):130-135.



中国武汉华中农业大学鲁健威教授提供照片。

信息公告

Dr. Mohamed Badraoui博士2012年成为国际肥料发展中心 (IFDC) 的董事长委员会的成员, 负责委员会的非洲小组 (更多信息参见IFDC网站)。Dr. Mohamed Badraoui博士曾经对IPI在摩洛哥的项目给予了多年的支持。

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。敬请关注我们在Facebook和Twitter上的信息动态。

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 260
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; Tessenderlo Chemie; and JSC Belarusian Potash Company (BPC).

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。