

# 研究报告



巴西大豆一望无际。巴西Alvorada农场。照片拍摄：T. Wiendl

巴西费拉罗旗草作为免耕土地越冬覆盖物对钾素利用率及大豆产量的影响

Benites, V.M.<sup>(1)</sup>, J.O. Caetano<sup>(2)</sup>, W.C. Ferreira Filho<sup>(3)</sup>, C.C.E. Menezes<sup>(3)</sup>, J.C. Polidoro<sup>(1)</sup>, R.P. Oliveira<sup>(1)</sup>, and T. Wiendl<sup>(4)</sup>

## 引言

巴西是世界上第三大钾肥消费国，钾肥的年消费量超过470万t K<sub>2</sub>O (ANDA, 2013)，然而只有不到10%的钾肥由国内生产。绝大多数的钾肥用在粮食生产上，尤其是用在了大豆和玉米上，但是当土壤中大量的钾素被作物吸收带走后，为了保持土壤较高的生产力水平而再使钾素回复到大豆生产上显得尤为重要。巴西的粮食主产区土壤钾的储备量较低，如果补充钾素不充分，连续种植3-4季后作物产量会大幅下降，因此，非常有必要制定合理的管理措施来增加钾的利用率。旗草被认为有高的钾素循环利用率

(ANDA, 2013)。本文我们调查研究了大田条件下旗草作为越冬覆盖物对高度风化的热带红壤土上大豆产量及钾的利用率带来的有利影响。

<sup>(1)</sup>Embrapa Solos, R. Jardim Botânico 1024, Rio de Janeiro 22460-000, Brazil, [vinicius.benites@embrapa.br](mailto:vinicius.benites@embrapa.br); [jose.polidoro@embrapa.br](mailto:jose.polidoro@embrapa.br); [ronaldo.oliveira@embrapa.br](mailto:ronaldo.oliveira@embrapa.br)

<sup>(2)</sup>Department of Agronomy, Goiás Federal University, c.p. 131, Goiânia GO 74001-970, Brazil, [jeandercetano@gmail.com](mailto:jeandercetano@gmail.com)

<sup>(3)</sup>Department of Agronomy, Rio Verde University, c.p. 104, Rio Verde GO 75901-970, Brazil, [wandercruvinel@hotmail.com](mailto:wandercruvinel@hotmail.com); [carlos.menezes@comigo.com.br](mailto:carlos.menezes@comigo.com.br)

<sup>(4)</sup>IPI拉丁美洲项目协调员, 国际钾肥研究所 (IPI), Switzerland, [ipi@ipipotash.org](mailto:ipi@ipipotash.org)  
通讯作者: [vinicius.benites@embrapa.br](mailto:vinicius.benites@embrapa.br)

## 材料与方法

我们实地调研了巴西Rio Verde - GO的COMIGO技术中心试验区,该地位于西经 $51^{\circ} 01' 57.47''$ ,南纬 $17^{\circ} 45' 49.13''$ ,海拔604m。试验区土壤为典型的红色氧化粘土,交换性钾含量低。试验开始于2006年,该地在试验进行之前就被开垦种植作物已超过10年,土壤的理化分析结果见表1。

试验设计了 $2 \times 4$ 的2因素4水平的多因子裂区试验,分区法布置,重复4次。第一个试验因子为是否有土壤覆盖物,即旗草作为越冬覆盖物和裸土,各小区面积 $12\text{m} \times 20\text{m}$ 。其中裸土处理是当大豆收获后,杂草用草甘膦(每公顷用量为2L)除掉,从而在冬季土壤上无植物覆盖。第二个试验因子是钾肥施用量不同,钾肥选用氯化钾,施用量分别为0、20、40、60  $\text{kg K}_2\text{O ha}^{-1}$ ,在播种后15天全部施入土壤中,小区面积为 $6\text{m} \times 10\text{m}$ 。

表1. 试验开始前试验区土壤理化性质 (n=8)

层次	pH <sup>(1)</sup>	OM <sup>(2)</sup>	P <sup>(3)</sup>	Ca	Mg	Al <sup>(4)</sup>	H+Al	K	BS	CEC <sup>(5)</sup>	粘粒含量
cm		$\text{g dm}^{-3}$	$\text{mg kg}^{-3}$	----- $\text{cmolc dm}^{-3}$ -----							%
0-20	4.93	25.51	10.47	2.56	0.54	0.05	3.13	0.10	3.20	6.33	45
20-40	4.48	20.45	1.84	1.21	0.27	0.26	3.74	0.08	1.56	5.30	48

<sup>(1)</sup>pH采用 $\text{CaCl}_2$ 测定方法; <sup>(2)</sup>土壤有机质; <sup>(3)</sup>P和K采用Mehlich 3浸提剂; <sup>(4)</sup>Ca, Mg和Al采用 $1\text{ mol L}^{-1}$  KCl浸提;

<sup>(5)</sup>CEC=交换性盐基离子+H+Al。

根据Embrapa(2011),这些数据表明土壤的有效钾含量较低。

经过冬季的完全干燥后作物大豆在夏季栽培,从2009年到2012年连续记录3年大豆的产量及叶片中钾素含量的数据,其中2010/11年大豆叶片中钾素浓度的数据缺乏。采开花期大豆叶片分析叶片中钾素的含量,每小区取 $6\text{m}^2$ 进行大豆测产,当大豆含水率到13%时称重。

## 结果与讨论

在用旗草作为冬季覆盖物的土壤上,来年夏天生长的大豆产量明显高于裸土壤上的大豆,2009/10、2010/11、2011/12这3年有覆盖物的土壤上大豆平均产量比裸土的平均产量分别高502.8、572.5、640.0  $\text{kg ha}^{-1}$ 。这表明在所有钾肥处理中冬季撒播旗草能使大豆产量提高11%~25%。在这3年中因钾的施用大豆产量分别增加了18%、14%、22%(图1)。

施用钾肥不能显著影响大豆的产量,然而,在2010/2011年大豆产量因为钾肥的施用有一个轻微的上升,

这可能是高的产量对钾的需求也高导致的。本试验获得的大豆产量数据较高,尤其是在用旗草作为越冬覆盖物的表现更明显,Salvagiotti *et al.* (2008)的综述中曾提到大豆的平均产量为 $2680\text{ kg ha}^{-1}$ ,而我们的试验中大豆较高产量,即使是在裸土壤,不施用钾肥的时候产量也不低,可能是巴西农民种植大豆的技术水平较高,这包括好的遗传基础、有效控制病虫害、对土壤实施免耕。本试验大豆产量比同地区同季节的商业种植大豆的产量高出 $4000\text{ kg ha}^{-1}$ 。

当用旗草作为越冬覆盖物时,所有钾肥处理叶片中钾的含量较高,显示了高的钾素利用率。不管有无旗草作为越冬覆盖物,增施钾肥只能稍稍提高叶片中的钾素含量,为 $18\sim 22.8\text{ g kg}^{-1}$ 。钾的平均移除量被计算成平均产量的结果见表2。Embrapa (2011) 报道豆类钾的平均含量为 $20\text{ g K}_2\text{O kg}^{-1}$ 。用旗草作为越冬覆盖物的土壤上大豆钾的

移除量在2009/10、2010/11、2011/12这3个阶段分别是 $65.7$ 、 $92.8$ 、 $69.9\text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1}$ ,各高出裸土的 $55.6$ 、 $81.3$ 、 $57.1\text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1}$ 。裸土处理中钾的移除与钾肥施用量 $60\text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1}$ 时数据几乎一致,当用旗草作为越冬覆盖物时,钾的移除率高于钾肥施用量最大的数据。因此,钾淋失到深层土壤

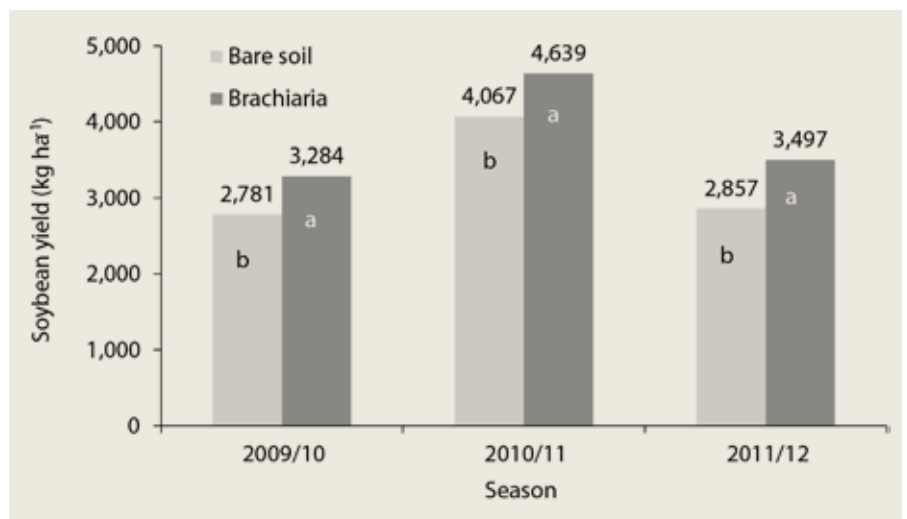


图1. 旗草作为冬季覆盖作物情况下, 3个生产季不同施钾量大豆平均产量 (n=32)

和钾素被旗草吸收会导致钾素损失,土壤钾素为负平衡,它可能会导致下季作物的低产,但是下面讨论的情况并不是这样。对比裸土处理,有旗草做越冬覆盖物的大豆产量和钾素移除量较高,这种结果的出现可以从这种热带草的根部系统来解释。高效强大的根部系统能使植株深入土

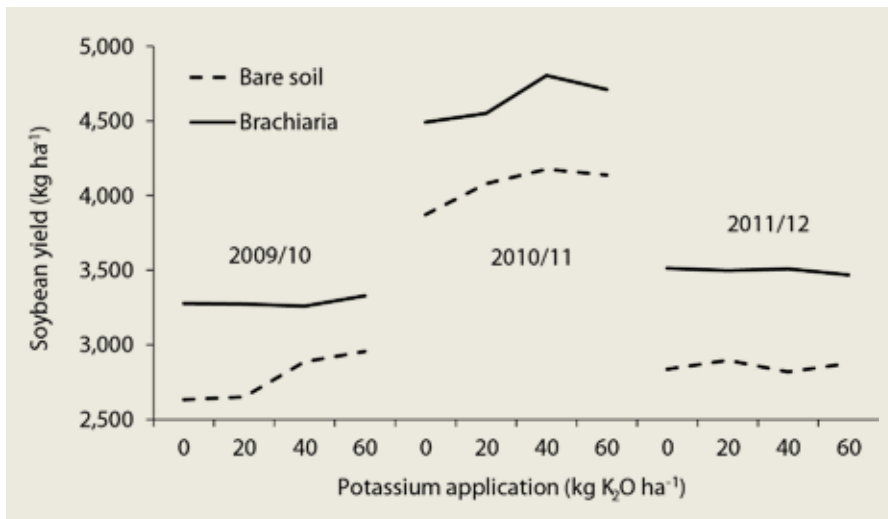


图2. 旗草作为冬季覆盖作物和裸露土壤3个生产季中施钾对大豆产量的影响 (n=8).

壤, 从土壤深层吸收钾素储存在体内, 使随后种植的大豆受益 (图1、图2和表2)。Garcia *et al.* (2008)也发现了相似的研究结果, 即该草种对巴西土壤中钾素的再循环起到有利的作用。Benites *et al.* (2010)刊登的一篇摘要中就有作者建议过通过旗草来有效利用土壤中本身含有的钾素。也可以这样认为, 虽然土壤中的交换性钾含量低, 但是高度风化的巴西红粘土可能起源于各种各样的母岩, 包括玄武岩、长石、白云母等, 这些母岩富含钾(Ker, 1997)。Melo *et al.* (2000)认为, 即使在高度风化的氧化土上, 淤泥和沙子本身仍有大量的储存钾。这些储备的钾能被植物吸收利用, 尤其是那些具有侵略性根系的作物如旗草等草类。

由表2可以看出2009/10年在裸土上施用高的钾肥, 2010/11全部处理, 2011/12年在裸土上施用低的钾肥产生了正的农学利用率 (AE, 每增施1 kg K<sub>2</sub>O生产的大豆千克数), AE为3~10.4 kg kg<sup>-1</sup>, 当旗草作为越冬覆盖物时, 钾肥施用的AE只出现在2010/11年。在别的作物季节AE为

负值, 显示了大豆对土壤中本身含有的钾素吸收利用。

有趣的是, 虽然叶片中的钾稍微变高, 但是不管是否有旗草的越冬覆盖物, 发现在任何一个收获季节增施钾肥对产量或者是叶片中钾的浓度没有统计差异。值得思考的问题是为什么增施钾肥没有反应, 尤其是在裸土上? 这可能是试验地钾的肥力状况要比预期的高, 钾素在土壤中以矿石的形式存在。同时根据Mengel (2006)的报道大豆叶片样品中钾的浓度正好处在钾的临界缺陷水平 (2%), 花期这些叶片钾的浓度被认为是充足的, 根据巴西人的调查生命测试在许多大田试验中, 认为1.7%~2.5%的钾是充

足的 (Embrapa, 2011)。用旗草作为越冬覆盖物的耕作模式给农民提供了一个有用的土壤钾素再循环方法, 钾素有益于大豆和玉米, 这种方式解释了对钾素的低响应, 相应的获得低的或者负的AE。

### 结论

利用旗草作为越冬覆盖物会导致来年的夏大豆产量显著提高, 这部分反映了通过利用深层土壤中的钾素和土壤中本来就含有的非交换性钾来增加了钾素利用率。在热带地区续载作物已被证明有潜力的, 尤其是在不可能在相同的时期生长第二季作物的地区, 农民习惯于在冬季土壤裸露。为了证明这种系统的长期功效, 更精细的计算作物反应、钾的利用率和钾平衡需要进一步的大田试验。

### 感谢

非常感谢国际钾肥研究所在巴西Aduba项目上的资金支持, 同时也要感谢COMIGO农业合作社提供的试验设备。

图2. 旗草作为冬季覆盖作物和裸露土壤情况下3个生产季中施钾对大豆产量和叶片钾素含量的影响。农学效率数据也在表中进行显示。

生产季	2009/10					2010/11					2011/12				
	0	20	40	60	Ave.	0	20	40	60	Ave.	0	20	40	60	Ave.
冬季覆盖情况															
-----大豆产量 (kg ha <sup>-1</sup> )-----															
裸露地	2,633	2,651	2,886	2,955	2,781	3,872	4,080	4,177	4,138	4,067	2,837	2,896	2,819	2,875	2,857
旗草覆盖	3,277	3,273	3,259	3,328	3,284	4,491	4,551	4,804	4,710	4,639	3,513	3,498	3,509	3,468	3,497
-----叶片钾含量 (g kg <sup>-1</sup> )-----															
裸露地	18.0	18.6	18.8	19.9	18.8	nd	nd	nd	nd	nd	18.1	18.4	20.2	20.2	19.2
旗草覆盖	21.4	20.8	21.4	22.8	21.6	nd	nd	nd	nd	nd	19.4	19.8	20.8	20.4	20.1
-----钾素农学效率 (kg soybean kg <sup>-1</sup> K <sub>2</sub> O)-----															
裸露地	-	-	6.3	5.4	5.9	-	10.4	7.6	4.4	7.5	-	3	-	-	-
旗草覆盖	-	-	-	-	-	-	3.0	7.8	3.6	4.8	-	-	-	-	-

## 参考文献

- ANDA. Associação Nacional para Difusão de Adubos. Anuário estatístico do setor de fertilizantes de 2012. São Paulo: ANDA. Available at: <http://www.anda.org.br/>. Accessed on: February 19<sup>th</sup>, 2013.
- Benites, V.M., M.C.S. Carvalho, A.V. Resende, J.C. Polidoro, A.C.C. Bernardi, and F.A. Oliveira. 2010. Potássio Cálcio Magnésio na Agricultura Brasileira. In: Prochnow, L.I., V. Casarin, and S.R. Stipp. (org.). Boas Práticas para Uso Eficiente de Fertilizantes. Piracicaba: IPNI, 2010, 2:53-65.
- EMBRAPA. Sistemas de Produção 15, tecnologia de produção de soja, região central do Brasil 2012 e 2013. Embrapa Soja, Londrina Paraná, 2011. p. 261.
- Garcia, R.A., C.A.C. Crusciol, J.C. Calonego, and C.A. Rosolem. 2008. Potassium Cycling in a Corn-Brachiaria Cropping System. *European Journal of Agronomy* 28(4):579-585.
- Ker, J.C. Latossolos do Brasil: uma revisão. 1997. *Geonomos* 5(1):17-40.
- Melo, V.F., R.F. Novais, M.P.F. Fontes, and C.E.G.R. Schaefer. 2000. Potássio e magnésio em minerais das frações areia e silte de diferentes solos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, MG, 24(2):269-284.
- Mengel, K. 2006. Potassium. In: Barker, A.V. and D.J. Pilbeam (eds.) *Handbook of Plant Nutrition*. p. 91-120.
- Naumov, A., V.M. Benites, M. Betta, and G.V. Gomes. Experiments on Fertilization of No-Till Systems in the Brazilian Cerrado. Part I. Potash Fertilization of Cover Crops and its Potential for the Following Soybean Crop, IPI *e-ifc* No. 26, March 2011.
- Salvagiotti, F., K.G. Cassman, J.E. Specht, D.T. Walters, A. Weiss, and A. Dobermann. 2008. Nitrogen Uptake, Fixation and Response to Fertilizer N in Soybean: A Review. *Field Crops Res.* 108:1-13 (<http://tiny.cc/soybeanNreview>).



巴西Goiás Rio Verde的试验地。照片拍摄: T. Wiendl

“巴西费拉罗旗草作为免耕地越冬覆盖物对钾素利用率及大豆产量的影响”一文可以在官方网站上浏览和下载: [区域活动/拉丁美洲](#)