

# 大豆钾素研究\*

吴明才

(中国农业科学院油料作物研究所)

我国南方大豆产区,土壤中有有效钾常常供应不足<sup>(1)</sup>,大豆单产徘徊在百斤左右,严重限制着大豆生产的发展。过去十年来,钾肥使用技术的研究时有发表,国内对其应用理论研究极少。本文继1973年以来,大豆钾肥施用技术研究基础上<sup>(2)</sup>,1979—1980年对大豆钾素的生理生化效应进行了探讨,试图为迅速发展中的大豆生产使用钾肥,提供若干理论依据,以及因地制宜地采用施用措施。其主要结果如下。

## 材 料 和 方 法

供试大豆品种,系长江中游地区推广的泰大豆品种,精选过的大豆种子,播于消毒过的水分适当的锯屑中,待胚根长至5—6厘米时,移入容积为2,500毫升有螺纹盖的聚丙烯钵中,每钵留苗二株,5—10次重复。水培液为改进的荷氏水培液。每钵加一毫升混合的大豆根瘤菌。大豆各生育期定量注入一定钾浓度的水培液,各生育期末测量水份、营养元素变化。取1—2重复的顶部第三(四)片大豆叶,进行生理生化测定。光合作用、呼吸作用用气流法测定;叶绿素a、b,用Arnon法;脱氢酶相对活性用甲烯兰法;蔗糖转化酶活性用砷钼酸法;固氮酶活性用气相色谱法;硝酸还原酶活性用磺胺—甲萘基盐酸盐法;脂肪酶活性用氢氧化钾滴定法;蒸腾效率用称重法;纤维素含量用酸碱水解后称重法;功能叶背部的气孔开度用印膜法;钾测定用火焰光度法(或亚硝酸钴钠法),磷用氨基萘酚磷酸比色法,钙、镁用EDTA法;铁用硫氰化钾法。

## 结 果 和 讨 论

### 一、大豆的钾素生理生化效应

#### (一), 对光合作用的影响

二年来对大豆荚期光合作用,叶绿素含量测定表明:钾对大豆光合作用有促进作用(表1)。在0—0.5毫克分子硝酸钾处理范围内(简称0—0.5处理下同),光合作用随钾浓度的增加而递增。高浓度钾处理,如9.0毫克分子硝酸钾处理(简称9.0处理,下同),大豆的光合强度略有下降,与不供钾处理比较仍然偏高。

\* 参加本试验的还有李英德同志。

从表1可以看出:叶绿素a、b的含量在0—9.0处理范围内,依介质中钾浓度的增

表1 不同钾浓度对大豆荚期光合强度等的影响

测定项目	水培液不同毫克分子的KNO <sub>3</sub>			
	0	0.2	0.5	9.0
光合强度: CO <sub>2</sub> 毫克/克干重/小时	23.00	23.68	31.59	26.83
叶绿素a浓度(毫克/升)	2.77	5.04	5.18	5.21
叶绿素b浓度(毫克/升)	2.28	3.60	3.47	4.47

加而增加,如0.5处理叶绿素a、b的含量,较不供钾处理分别增加81.5%和62.3;9.0处理则更高,其含量分别比不供钾处理高90.3%和99.0%。

### (二) 与呼吸作用的关系

大豆结荚期功能叶呼吸强度测定表明:其强度的变化与光合强度结果正好相反,即水培介质中钾浓度愈高,呼吸强度越低,如不供钾处理的呼吸强度与其它处理比较最高,为11.0毫克CO<sub>2</sub>/克干重/小时;0.2处理为8.95;0.5处理为8.58;9.0处理为8.17。不供钾处理比高浓度的9.0处理,呼吸强度高34.46%。

### (三) 对几种主要酶的影响

几种主要酶的活性与钾素的关系如表2:

表2 不同钾素水平与大豆的几种酶活性关系

酶类别	钾浓度	水培液 KNO <sub>3</sub> 毫克分子			
		0	0.2	0.5	9.0
脱氢酶相对活性 (甲烯兰毫克/克鲜重/小时)	—	—	0.016	0.015	0.013
蔗糖转化酶活性 (葡萄糖毫克/克鲜重/小时)	1.900	—	2.013	1.861	1.875
脂肪酶活性(KOH毫升/克鲜重/小时)	—	—	0.023	0.100	0.024

从表2可以看出:介质中钾浓度愈高,脱氢酶活性越低,蔗糖转化酶,脂肪酶的活性亦具有相似的趋势,如大豆种子中脂肪测定的结果与脂肪酶的活性变化正好吻合。即缺钾时,大豆脂肪酶活性增强,水解脂肪的能力增高,大豆种子中粗脂肪含量下降,如不供钾处理种子粗脂肪含量为12.4%;0.5处理的种子粗脂肪含量较不供处理为高,为17.5%。正常供钾水平下的大豆种子粗脂肪含量最高,为19.2%,比不供钾高约7.0%。固氮酶的活性测定表明,如荷氏完全水溶液处理的大豆固氮酶活性,较不供钾处理高37.1倍。硝酸还原酶活性,也因环境中钾含量增加而提高,如荷氏完全液处理的大豆功能叶的硝酸还原酶活性,比0.5处理高1.6倍。

### (四) 对纤维素的影响

大豆成熟期茎秆纤维素含量分析表明:大豆茎秆中纤维素含量,依介质中钾浓度的增加而增加,如不供钾处理大豆茎秆中纤维素含量为13.8%;0.2处理为30.2%;0.5处理为37.7%;9.0处理为31.3%。可见凡供钾处理纤维素含量,比不供钾者高约一倍以上。

### (五) 对水分的影响

钾与大豆水分的关系密切(如图1),从图1可看出:大豆缺钾不仅水分消耗少,蒸腾效率低,植株干重也较低。反之,供钾丰富,植株个体繁茂,干重随大豆生育进行呈直线上升,大豆吸水相应剧增,蒸腾效率也高。以分枝期各处理蒸腾效率为例:不供钾处理每形成一克干物质需水624.5克,0.2处理降为341.2克,0.5处理为247.8克,9.0处理则需水更少,为272.6克,后者较不供钾处理蒸腾效率高约1.2倍。

钾素促进了大豆的蒸腾效率,也影响着气孔的开度,试验表明:当介质中钾素水平愈高,气孔则愈宽。反之,钾水平愈低,大豆气孔愈长而窄,如用印膜法测得大豆荚期功能叶下表皮气孔开度表明:不供钾处理气孔长宽度为 $13.6 \times 3.9$

微米;0.2处理为 $16.9 \times 4.1$ 微米;0.5处理为 $14.2 \times 4.2$ 微米;9.0处理为 $10.2 \times 4.4$ 微米。

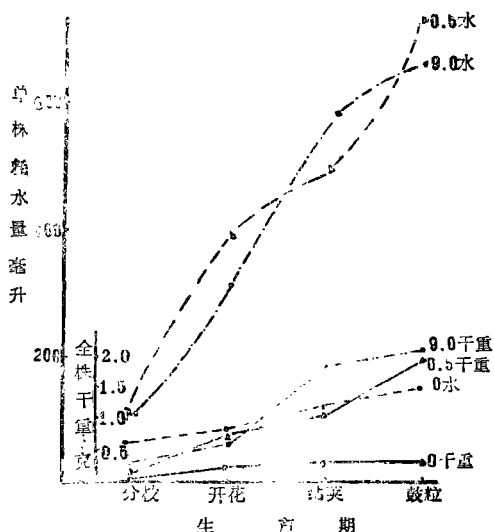


图1 不同钾水平下大豆各期耗水量

## 二、大豆的钾素代谢

### 1. 大豆的吸钾特点

大豆吸钾与吸氮、磷不同,经分析表明:大豆吸收钾是前期大,后期小。即分枝期高,以后递减,不因大豆开花、结荚期生长发育同时并进,需水和需氮等元素量大,吸钾也相应要求多。如9.0处理,大豆各期吸钾量占全生育期需钾总量分别是:分枝期为21.3%;开花期为20.8%;结荚期为19.9%;鼓粒期为19.1%;成熟期为18.5%。大豆对磷的吸收则别具特点,是整个生育期大致稳定在一个水平上,与横坐标几乎平行,而大豆对氮的吸收,与吸钾、吸磷不同,它是分枝期、开花期有两个吸收高峰,以后锐减。各生育期末介质中钾含量的分析表明:当培养开始水培介质中钾含量低于0.5毫克分子硝酸钾浓度时,大豆各生育期末介质中钾含量均低,特别是分枝期末呈痕迹水平。之后,介质中钾含量略高,如0.5处理的分枝、开花、结荚、鼓粒、成熟等各生育期末,介质中钾含量均为痕迹,即分别为5.0ppm、2.0ppm、0.3ppm等,说明分枝期是大豆一生中吸钾比较旺盛时期。

此外,大豆对钾的固摄能力,与介质中钾浓度有一定联系,当介质中钾量低时,这种能力随大豆的衰老而下降。如不供钾处理,鼓粒、成熟两期末介质中钾浓度分别为

7.0ppm; 3.0ppm, 而同处理的前期则为痕迹。一般情况下大豆吸钾能力强, 如 0.5 处理, 其根部氧化钾量常比各期末介质浓度大 2830—4370 倍, 甚至更高。

## 2. 钾 的 分 布

各处理不同生育期钾的分布部位测定表明: 钾前期主要集中在根和叶中, 后期则主

要集中在生殖器官中 (图 2), 其营养器官中钾浓度迅速下降, 约含  $K_2O$  1.0%。据计算: 成熟期根、茎、叶中的钾含量, 较分枝期分别低 66.9%、64.3%、74.7%, 甚至可达 80%, 说明钾的运转、再分配效率之高。但介质中钾浓度愈高, 后期营养体中贮集的钾, 一般高于低钾介质中生长的营养体。如 9.0 处理, 比 0.5 处理的后期营养器官的  $K_2O$  浓度约高 2—3 倍。种子中钾素含量, 易受介质中钾含量高低而波动, 如 9.0 处理大豆种子钾含量, 较 0.2 处理高 61.7%。钾的生物学产率研究亦表明: 高钾介质中, 大豆干物质的形成

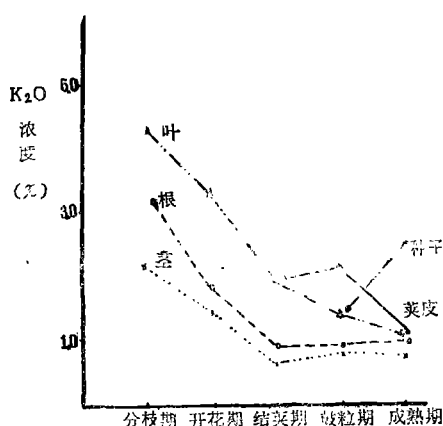


图 2 不同生育期大豆各部氧化钾含量比较

并不随钾呈正比的增加, 介质中钾量适当, 累积的干物质也越多 (表 3)。钾对大豆子粒产量的影响也有相同趋势, 如 0.5 处理与 9.0 处理, 前者每形成 100 斤种子约需  $K_2O$  2.2—4.1 斤; 而后者则需 10.0—10.6 斤。

表 3 不同钾浓度对大豆生物学产率的影响

处 理	每吸收 1 克 $K_2O$ 形成的干重 (克)	生 育 期		
		分 枝 期	开 花 期	结 荚 期
5.0mM $KNO_3$		22.0	20.8	98.4
9.0mM $KNO_3$		20.2	20.3	31.7

## 3. 钾与其它几种主要矿质元素的关系

钾与氮、钙、磷、镁、铁的关系是一个复杂的问题, 改变这些元素的浓度或生态因子, 则结果迥然不同, 如供铁量高, 钾与磷呈拮抗; 反之, 则呈协生关系, 与氮、钙、镁等呈拮抗关系。

## 三、大豆的缺钾反应和钾素应用技术

### 1. 大豆缺钾症状

大豆钾缺乏的典型症状是叶片黄化, 开始发生在下位叶, 缺钾严重时, 最早可在第

一片复叶上出现黄化斑。当气温高、干旱时，黄化可从植株下位叶向上蔓延，全株只有新叶为浅绿色。黄化斑块演变过程是：首先从叶缘产生零星失绿斑点，失绿斑点继续褪色变黄、褐、斑点扩大相连成块，继之向中部发展，最后只剩下叶脉周围“绿岛”，以至全黄。黄化叶薄，易脱落，植株矮小，分枝的结实性因缺钾程度不同有差别，严重时幼茎枯死。

### 2. 大豆缺钾的临界值

大豆缺钾与否主要取决于生境有效钾量，其次是环境因子。大豆缺钾症状出现的临界值，在水培条件下是 20ppm  $K_2O$ ，在大田条件下受气温、干旱等气象因子影响，缺钾症状出现的临界值高得多，约为 100ppm。即使土壤有效钾等于或略高于此值，在高温久旱，或长期阴雨、漫灌的情况下，也常产生局部继发性的缺钾症。同样的水培钾临界浓度值下，1979 年气温、光照高于 1980 年，则缺钾程度前者重于后者。缺钾的大豆各器官参数：根、茎、叶、叶柄，分别是 0.200—0.750%、0.275—0.750%、0.500—1.125% 和 0.200—0.811  $K_2O$  克%。

### 3. 钾肥的使用技术

钾肥多点试验表明：钾肥在湖北省大豆产区增产效果是显著的， $r = 0.5038$ ， $t = 3.1408$  ( $p = 0.01$  时， $t = 2.7567$ )，回归方程式  $y = 46.36 + 1.83x$ 。一般增幅在 3—40% 之间，丘陵黄土施用增产效益大于江河冲积土，水田大于旱田。

以往试验表明<sup>[2]</sup>：钾肥基施比其它时期使用效果要好，深施优于浅施，亩用  $K_2O$  5—10 斤为好。在田间植株缺钾状况下，亩用 100 斤左右的 0.5% 硫酸钾溶液叶面喷施，不但节肥，效果也明显。在目前化学钾肥供不应求的情况下，因地制宜地利用国内钾肥资源是十分必要的。化学钾肥以硫酸钾为好，含钾量低的品种，以窑灰钾肥贮量大，经济，有条件的地方，就地使用很有希望。遍及全国各地农村的草木灰，含钾量虽低，但适当增加施用量，效果也很好。

## 讨 论

钾在大豆生命活动中，作用是全面的，影响是复杂的。充分的钾可促进大豆的同化作用，降低异化作用的强度，二者互相制约和统一，对增加一定群体下大豆粒数、粒重和油份，产生有效的生理效应。钾的作用尽管是广泛的，但对大豆影响较大的是：钾促进了叶绿素的形成，为大豆充分吸收传递光能、同化光合产物奠定了物质基础。充足的钾引起保卫细胞膨压增加<sup>[3]</sup>，促使气孔张大，蒸腾效率提高，又为大豆的理化反应提供了丰富的溶剂。同时，气孔张大，对于  $CO_2$  的自由进入，为光合作用提供了充足碳源。这一切都有利用光合作用的进行。钾供应充足时，呼吸作用减弱，与呼吸相联系的呼吸酶—脱氢酶的活性下降，表明钾参与呼吸过程中的电子传递，同时脂肪酶、蔗糖转化酶的活性也下降，光合作用产物糖、脂肪等物被水解的少，无疑对碳水化合物的积累是有利的。蔗糖转化酶、脂肪酶的活性因钾供应丰富而下降，似乎可以认为：呼吸作用下降的机理，应是钾减缓了呼吸中电子传递过程以及有关水解酶的活性，导致呼吸作用所

必需的能源短缺,影响异化过程迅速进行。

钾在大豆的氮素代谢中的作用更为重要,缺钾时,固氮酶的活性和硝酸还原酶活性急剧下降,势必减弱大豆根瘤菌吸收空气中游离的氮,还原成大豆所必要的化合氮。如分枝期0.2处理全株氮总量,较不供钾处理高0.86倍;0.5处理较不供钾高2.8倍。缺钾时氮代谢受阻,限制或削弱了大豆器官的形态建成,以及其它内部代谢过程,表现在大豆植株生长缓慢,干重大幅度下降,子粒产量低。

此外,钾提高了大豆的蒸腾效率,在降雨量少,无灌溉条件的大豆产区,特别是大豆花、荚期需水量大时,增施钾肥对节水增产显得十分重要。

钾是一种活泼的金属元素,在大豆体内呈离子态,它主要集中在大豆幼嫩器官,营养期主要分布于根和叶中,后期迅速从营养器官转移至生殖器官,说明钾在大豆生长发育过程中,是一重要参与者。钾在大豆体内有很强的累积作用<sup>(4)</sup>,无论是枝、叶等营养器官,还是种子等生殖器官,含钾量高低直接受环境中钾量多少所影响。根据这种特性生产上应避免施钾量过高而增产效益不高,一般每亩施用  $K_2O$  5—10斤合适<sup>(2)</sup>。

大豆对钾的吸收,看来与蒸腾作用的关系不大,在大豆前期吸水量较少时,低钾介质中钾常为大豆吸收呈痕迹水平,后期蒸腾量增大后,大豆吸钾量较前期相对减少,充分说明大豆吸收钾是受代谢控制的<sup>(4)</sup>。大豆吸钾特点测定结果与田间钾肥基施的增产效益的结果是不谋而合的<sup>(2)</sup>。

## 小 结

二年试验表明:钾在大豆生理中作用广泛,是一种重要的不可缺少的元素。钾对大豆的增产作用是钾对光合、呼吸两大作用,以及碳、氮两代谢互相制约、互相协调的结果。如钾促进了叶绿素含量的增加,蒸腾效率提高,气孔变大,都有益于光合作用,形成丰富的碳水化合物,间接地给根瘤菌高效固氮,提供了大量能源。缺钾大豆氮代谢严重受阻,可能是根瘤菌“碳饥饿”,和氮素还原酶缺乏钾离子激活的综合结果。

钾被大豆吸收,无疑是主动吸收,受控于代谢过程。

钾还有提高大豆的水份利用率的作用。

钾在大豆体内运转迅速,主要分布于代谢旺盛部分。

大豆对钾的吸收以分枝期最多,生产中亩施 5—10斤 $K_2O$ 作基肥,省肥、效益高。

## 主 要 参 考 文 献

- (1) 福建省晋江地区土肥所土肥组:1978,春大豆黄化缺钾诊断的研究,油料作物科技。(1—2) 24—28
- (2) 湖北油料研究所夏油系:1977,大豆施用石灰钾肥试验总结,油料作物科技(2) 63—66
- (3) Humble, G. D. and K. Peschke:1971, Stomatal opening quantitatively related to potassium transport, plantphysiol. 48. 447—453.
- (4) Michail Schaedle and Louis Jacobson:1965, Ion Absorption and Retention by chlorella pyrenoidosa I. Absorption of potassium. Plant physiol. 40(2): 214—219.

## STUDY OF SOYBEAN POTASSIUM PHYSIOLOGY

Wu Mingcai

*(Institute of Oil-bearing Crops, Chinese Academy of Agricultural Sciences)*

### Abstract

The study of soybean grown in Hoagland nutrient solution have been shown that potassium promotes photosynthesis, increases the content of chlorophyll a and b, reduces the respiration and the activities of enzymes such as dehydrogenases, sucrose invertases and lipases. The recent investigations have been shown that with sufficient supply of potassium soybean can more efficiently utilize water as compared with potassium deficiency. Potassium is also beneficial to the opening and closing of stomata. In addition, the resistance to the stresses and diseases, and subsequently soybean yield can be improved by applying potassium. Potassium can be taken up selectively and accumulated in the root, and can be removed from the root cells with lower potassium level to those root cells with higher potassium level, especially in the leaves and seeds. The environmental conditions such as changes of temperature affects the critical of potassium deficiency of soybean. Soybean in the first stages of development needs more potassium than that in the later periods. The results of the long-term fertilizer experiments conducted in Wuhan have been shown that soybean yield can be increased by applying  $K_2O$  45—75/hectare.