

中国科学院南京土壤研究所 第四次钾素讨论会论文集
国际钾肥研究所(瑞士)

钾素与作物健康

谢建昌 范钦桢 等编译
郑文钦

江苏科学技术出版社

目 录

钾与作物健康.....	H.R.von Uexküll	R.P.Bosshart (1)
钾离子在植物-水分关系调节中的作用.....	M.G.Lindhauer	(13)
钾与作物抗霜冻.....	G.de Beaucorps	J.P.Leymonie (23)
土壤结构和钾素的垂直分布以及对作物根系生长的影响.....	U.Köpke	(39)
钾素营养对旱作作物植株健康的影响.....	James Krikun Ph.D.	(53)
水稻钾素营养对土壤微域环境和根系生长的影响.....	陈际型	(64)
钾素营养与作物抗病性.....	罗成秀 郑圣先 黄德凯 刘克樱	(71)
钾对作物细胞发育的影响(摘要).....	梁德印	(76)
钾肥对作物生长与抗逆力的研究(摘要).....	陈魁卿	(76)
钾与水稻主要病虫害的关系(摘要).....	毛建辉 何 明	(77)
钾与水稻健壮高产(摘要).....	王颖明	(77)
钾肥对防治水稻、花生某些病害的作用(摘要).....	农中扬	(78)
钾对水稻、油菜健康的影响(摘要).....	刘光裕 李兰辉	(78)
钾肥与作物倒伏和病害的关系(摘要).....	刘昌荣	(79)
钾与红麻健康高产(摘要).....	张肇元 杨 俊 何永群	(79)
钾肥对提高大白菜抗病能力的研究(摘要).....	武书敏 黄克惠 徐秋明 黄德明	(80)
湖南某些主要土壤的钾素状态与作物生长的关系(摘要)		
.....	何电源 胡荣桂 苏以荣 廖先苓	(81)

钾 和 作 物 健 康

H.R.von Uexküll R.P.Bosshart

(E. and S. E. Asia Program of the Potash and Phosphate
Institute and the International Potash Institute, Singapore)

一、导 言

施肥不仅影响作物产量，也会影响作物的健康、品质和外观或美值。

在经济发展的早期阶段，作物产量是人们所关心的主要的而且常常是唯一的问题。但随着生活水准的提高，其它因素也益显重要起来了。不同营养元素对作物不同的价值组成有着不同的效果。作为一般规律，在所有营养元素中，氮影响作物产量的效果最大，但是对作物健康、品质和外观美值来说，过量的氮是有害的。相反，钾虽在增加作物产量上不甚明显，但是对作物健康来说确是重要的，这通常也包括许多作物品质因素和外观美值。

本文“作物的健康”讨论的范围更为广泛，包括钾对环境胁迫、抗病虫害和作物品质的影响。

二、钾对植物生理和健康的作用

在所有元素中，钾是对作物健康影响最大的元素（Goss, 1968; Mc New, 1953; von Uexküll, 1982），其理由很可能是钾参与了植物生长中几乎所有的生物物理和生物化学过程。营养充足的作物，通常可望有较强的抗病和抵抗环境胁迫的能力。缺钾或与其它有关营养元素（特别是氮）相比之下，钾不足似乎能使作物易感染病害。

与氮截然相反，作物最佳品质和健康所需的钾量，有时超过为获得最大产量所需的钾量。干旱、土壤水分过多（透气性差）、高温、低温或者病虫害，往往会减少作物对氮的需求和降低氮的效果，但会增加作物对钾的需求和钾的产量效应。

“与其它重要营养元素不同，钾不会成为植物细胞的组成部分。缺钾会增加碳水化合物和无机氮在植物体内的积累，最终会阻碍光合作用和新组织的生成。施用钾肥比其它任何物质都能减轻作物病害的发生。这也许是因为钾在催化细胞活力中，是如此的重要”（Mc New, 1953）。

“在植物生理中钾是非常重要的阳离子，不仅是指其在植物组织中的含量，也指其植物生理和生物化学功能”（Mengel和Kirkby, 1982）。

“人们一般都承认缺钾会降低植物生长并会多方面扰乱叶子新陈代谢（改变碳水化合物浓度，降低光合作用率和输送率）。在整个植物中受影响的过程是相互关联的，缺钾对某一过程的直接影响，也会在其它过程中表现出来”（Huber, 1985）。

“钾的生物物理作用包括有膨胀压和渗透调节。生物化学作用包括有光合作用、韧皮部的载运和酶的活性等等” (Beringer, 1981)。

因此缺钾会引起范围较广的形态和生理变化, 这些变化会损害作物对胁迫的抵抗力以及防病虫害的能力。当所有其它因素在最适宜的范围内时, 其它营养元素最有效, 而在如干旱或过量水分, 极端温度, 强大的风, 以及受病原菌侵袭等胁迫条件下, 钾往往是最有效的, 是最为作物需要的。

提高作物产量, 首先需要足够的钾, 但要维持作物高产, 同时提高作物抵抗不良气候条件的能力, 生产健康和品质优良的产品, 钾是必不可少的。

三、钾对病害、虫害和线虫的抵抗

作物有三个主要防御机制, 可用来保护自己不受不良气候条件和害虫的侵袭。这三个机制都受钾营养的影响。

- (1) 逃避。通过改变植物生长习性或提早和延迟易感染器官或组织的暴露时间。
- (2) 结构和生物物理因素。增加角质层和表皮细胞壁的强度和厚度, 改变膜的渗透性、膨压及水势和气孔的功能。
- (3) 生物化学因素。通过有利地改变细胞矿物质或复合物的含量。因为细胞内含物会影响到生理失调、病原体的活力和毒性、伤口愈合的速度以及分泌物。
- (4) (1) ~ (3) 因素的综合。
- (5) 氯化钾中的Cl⁻对植物某些病害的发生, 有直接或间接的影响。

(一) 钾和逃避病害 据观察橡胶树对高水平钾的反应, 令人满意, 与低水平钾处理相比, 每年落叶早且完全 (Pusharajah, 1976), 这样, 胶树过冬后新叶萌发比较一致, 且时间短。幼嫩的, 易感染的新叶在较短的时期内就坚硬起来, 转而能够防止或减轻橡胶白粉病菌 (*Oidium heveae*) 的感染, 这是橡胶叶病中最严重的一种病害。

钾供应充足的香蕉, 能够早发 (von Uexküll, 1968), 且明显地缩短果实成熟所需要的时间。早熟不仅可得高价, 有时还能躲避热带风暴的损害。

(二) 钾和结构与生物物理因素 钾会影响到许多植物组织或结构成分, 这些在增强植物对不良因素的抗御力和抗病虫害能力中都是很重要的。

1. 表皮细胞硅化 表皮细胞含硅量高, 使作物有很高的, 防御许多虫害和真菌性病害的能力 (Germer, 1934; Okuda和Takahashi, 1964; von Uexküll, 1982)。表 1-1 表明, 钾能增加单位叶面积中硅化细胞数和水稻含硅量, 从而增强了抵抗稻瘟病菌 (*Piricularia oryzae*) 的能力。

表 1-1 钾对水稻硅含量的影响 (Noguchi 和 Sugawara, 1966)

处	理	硅 含 量 (%)			
		叶	茎	穗	根
	NP	14.1	4.7	3.4	3.0
	NPK ₁	18.0	5.9	3.9	3.9
	NPK ₂	17.8	6.1	4.1	4.1

Yosni (1941) 报道, 植株含硅量与水稻抗稻瘟病能力呈正比。

2. 增加角质层和厚壁组织的厚度 据报道许多作物如有较好的钾营养, 就能增加厚壁组织层的厚度, 改善抗病性 (Beringer和Nothdurft, 1985)。进行类似的观察还有小麦 (图1-1)、大麦 (Trolldenier, 1965; 1982)、水稻 (Akai, 1962; Okamoto, 1958;

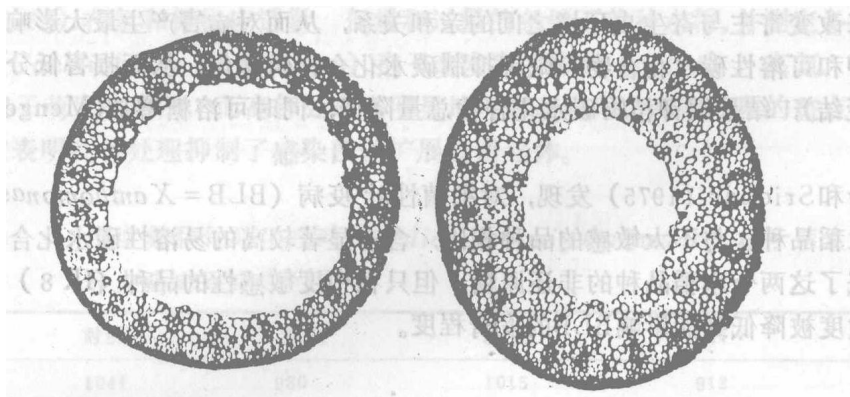


图1-1 高钾 (右) 和低钾 (左) 条件下, 小麦第三节间横切面 (Trolldenier, 1965)

von Uexküll, 1966; Ismunadji, 1976; Vaithilingam和Balasubramanium, 1976) 和玉米 (Boeriu, 1970; Krueger, 1976)。据Viereck (1983) 报道, 玉米茎秆的硬度与玉米螟 (*Ostrinia nubilalis*) 幼虫生长呈显著的相关性。钾能增加茶树叶片的厚度和硬度, 当受到茶炭疽病菌 (*Gloeosporium theae*) 侵袭时, 则感染明显减少 (表1-2)。

表1-2 氮磷钾处理对茶树叶组织和炭疽病感染率的影响 (Nagata, 1954)

处 理	叶厚度(毫米)	叶强度*	感染炭疽病菌的叶片数
N	0.22	12.0	16.5
NP	0.22	15.1	21.5
NK	0.25	19.6	
NPK	0.25	18.9	

● 用针戳破一片叶所需的压力。

3. 气孔关闭和膜结构 气孔是病原体, 特别是细菌进入植物体的主要通道 (Goodman, 1976)。钾离子是气孔运动中主要的渗透成分。缺钾植物气孔不能正常关闭。缺钾也会影响细胞膜的稳定性和渗透性。由于缺钾导致膜的渗透性增加, 膨压降低, 使植物组织易被水浸渍, 因此增加了易感染性。Matthee和Dines (1969) 提供一例证说, 桃树叶片对桃细菌性穿孔病 (*Xanthomonas pruni*) 感染性增加, 就因为这一因素。缺钾叶与健康叶相比, 绿色更深些, 这是因为细胞较小, 从而叶绿体较密集 (Marschner和Possingham, 1975), 结果缺钾叶吸热高, 转而降低了抗病力。

上述因素似乎是增加植物对细菌性病害和真菌性病害 (由 *Pseudomonas*, *Xanthomo-*

nas, *Fusarium Helminthosporium*等引起的) 易感染性的主要原因。

4. 维管束的木质化 缺钾能削弱维管束木质化(Mengel和Kirkby, 1982)。据信维管束细胞木质化不良, 是棉花发生由*Fusarium Oxysporum*和*Verticillium dahliae*引起的萎蔫病的因素之一 (Grossmann, 1976)。

(三) 钾和生物化学因素 Huber和Arny (1985) 认为, “钾可能通过特殊的新陈代谢作用, 来改变寄主与寄生虫环境之间的亲和关系, 从而对病害产生最大影响”。

1. 钾和可溶性碳水化合物 缺钾抑制碳水化合物磷酸化, 从而损害低分子量糖的转移和聚合 (凝结), 结果缺钾植物碳水化合物总量降低, 同时可溶糖增加(Mengel和Kirkby, 1982)。

Reddy和Sridhar (1975) 发现, 对细菌性叶疫病 (BLB = *Xanthomonas oryzae*) 高度敏感的水稻品种, 与不太敏感的品种相比, 含有显著较高的易溶性碳水化合物。表 1-3 表明, 钾降低了这两个水稻品种的非还原糖。但只在中度敏感性的品种 (IR 8) 中, 可溶性碳水化合物浓度被降低到能影响BLB的发育程度。

表1-3 钾素营养和接种细菌性叶疫病(BLB)对两种水稻品种
38天老叶中非还原糖*的影响

K 水平 ppm	高度敏感的品种		中度敏感的品种	
	TN-1		IR8	
	未接种(健康)	接种BLB	未接种(健康)	接种BLB
3	1558	1358	1147	1042
25	1491	1305	884	817
75	1081	1019	784	727
125	771	664	526	433
175	774	640	474	406

*毫克葡萄糖/100克烘干组织, 接种 8 天后。

2. 钾和氮的代谢 钾参与了导致蛋白质合成的许多步骤, 氮转化率取决于钾的足够供应。在严重缺钾条件下, 无机氮和低分子量胺 (如丁二胺) 积累 (Koch和Mengel, 1972)。例如玉米缺钾, 无机氮积累在导管汁液中, 随之作物易发生Stewart氏萎蔫病 (Mc New 和 Spencer, 1939)。缺钾时增加了植物导管汁液中氮的水平, 这为细菌生长和毒性较强细菌的精选分离, 提供了较好的环境条件。Shear和Wingard (1944), Nelsson (1963) 也报道了有减轻玉米*Gibberella*和*Diplotia*茎腐病的类似机制。

某些植物的抗性与钾的水平高有关, 而观察到的易感染品种没有那么高的钾 (Huber和Arny, 1985), 抗病品种比易感染品种的吸钾和含钾量高。

能抑制病害的氨基酸、植物抗毒素、酚和生长素在抗病植物感染处的积累取决于钾的水平和其它矿物质的存在。仅施氮、磷, 由疫霉 (*Phytophthora infestans*) 引起的马铃薯晚疫病严重, 但随钾水平上升, 病情下降 (Huber和Arny, 1985)。

低钾条件下无机氮积累迅速, 裂解有杀真菌特性的酚。Kiraly (1976) 证明了抑制真菌化合物的积累, 以及伤口愈合快, 是施钾葡萄对真菌*Botrytis cinera*抵抗力增强的一个

因素。Allington和Laird (1954) 发现, 钾肥供应好的烟草伤口愈合快, 从而抗花叶病的能力加强了。

3. 钾和分泌物 有许多报告指出, 供钾良好的作物的分泌物, 能抑制病原体的发育及传播, 而缺钾作物的分泌物有刺激作用。据Klein (1957) 说, 高钾水平减少烟草叶片中谷酰胺和谷氨酸的分泌量, 增强了对 *Alternaria*、*Cercospora* 和 *Sclerotinia* 的抗性。

Akai (1962) 在氮和钾供应适量、低量和过量的条件下栽种水稻, 并测定各处理对稻胡麻叶斑病菌 (*Cochliobolus miyabeanus*) 孢子萌发率的影响 (表1-4), 高氮、缺氮和缺钾处理, 分生孢子萌发率增加, 而高钾处理则明显地抑制萌发率。高钾处理的斑点比低钾处理的小得多, 这表明高钾处理抑制了感染菌丝扩展成菌丝体。

表1-4 改变氮和钾的供应对 *Cochliobolus miyabeanus* 分生孢子萌发和大病斑百分率的影响

	对照	高 K	缺 K	高 N	缺 N
测量孢子数	1041	980	1015	912	1002
孢子萌发数	390	248	51	678	906
孢子发芽率(%)	37.7	25.3	51.0	73.7	90.4
大病斑率(%)	39.7	26.3	66.8	37.7	51.7

(四) 交互作用 在许多情况下, 钾增强植物对病害和虫害的抗性, 通常也包含有交互作用的作用, 尽管有时是很难证实的。交互作用不但存在于目前所讨论的诸抗性因子间, 而且也存在于钾与杀真菌剂和杀线虫剂之间 (Darst和Wallingford, 1985)。

Chambers (1983) 发现, 施钾后再对大豆叶片喷施杀真菌剂, 对大豆产生协同作用, 且明显增产 (表1-5)。

线虫袭击植物根系, 削弱钾的吸收。Snanon等 (1977) 报道, 杀线虫剂如果同钾肥结合施用, 能减少低钾土壤上大豆胞囊线虫的危害, 增加了大豆产量 (表1-6)。

表1-5 在低钾土壤上连续 4 年施钾和叶施杀菌剂对大豆产量的影响

处 理	平均产量(公斤/公顷)
0-K, 0杀菌剂(对照)	1340
56-74K+0杀菌剂	2280
0-K+ 杀菌剂	1610
K+ 杀菌剂	2490

表1-6 钾和杀线虫剂对三种大豆胞囊线虫(SCN)抗性不同的大豆产量的影响

品 种	SCN抗性	大 豆 增 产 (公斤/公顷)		
		K	杀线虫剂	K+ 杀线虫剂
Dare	无	400	0	870
Forest	3类	670	340	1210
Bedford	3~4类	940	270	940

Sithanantham和Daniel (1972), Aggarwal (1982) 研究了在甘蔗施用钾肥的同时, 施用异狄氏剂 (杀虫剂) 对甘蔗二点螟 (*Chilo traea infuseatellus*) 的防治作用。建议喷施的浓度是杀虫剂 0.1%, KCl 3%。如单喷钾则没有效。但钾和杀虫剂结合施用, 明显减少甘蔗螟的发生 (表1-7)。

Subramaniam 和 Balsubramaniam (1976) 研究了提高钾水平对多种水稻虫害的效果, 他们发现施用钾肥可明显降低稻蓟马、绿叶蝉、稻飞虱、轮蛆和卷叶虫的密度 (表1-8)。

表1-7 施用钾肥和异狄氏剂防治甘蔗二点螟的效果

处 理	二 点 螟 发 生		估计每公顷受防护苗数
	实际累积 %	角变换值	
喷水(对照)	30.5	33.75	—
喷钾	28.7	32.20	4500
喷异狄氏剂	26.1	29.65	9400
异狄氏剂+钾	16.7	23.75	13800
CD _{0.05}	—	6.02	—

表1-8 钾 对 水 稻 虫 害 的 影 响

K ₂ O(公斤/公顷)	稻蓟马密度	绿叶蝉	稻飞虱	轮蛆%	卷叶虫%
0	40.0	2.64	2.67	11.74	11.85
50	27.2	2.12	2.46	10.03	10.98
100	21.8	1.72	2.27	7.62	11.11
150	20.2	1.60	2.06	7.76	10.04
200	13.6	1.44	1.84	6.97	8.07
250	10.4	1.32	1.62	5.90	7.76
CD _{0.05}	13.9	0.22	0.15	2.15	2.68

(五) 氯的作用 直至最近人们才认为氯也是植物必要的微量元素, 但从不是产量的限制因素 (Russel, 1961; Epstein, 1972)。人们主要担心的是氯的毒害, 而不是氯的缺乏症 (Eaton, 1965)。但在1971年, Ollagnier和Ochs报道了油棕对施氯的反应, 1972年 von Uexküll 报道椰子有类似的反应。含氯量低的椰子显得非常易受多种病害的感染, 特别是灰叶斑病 (*Pestalotia Palmarum*) (Alonzo和Palomar, 1980)。

施用氯能减轻多种真菌性病害, 如小麦白粉病 (*Erysiphe graminis*) (Thier等, 1986)、全蚀病 (*Gaeumannomyces graminis*)、条锈病 (*Puccinia Striformis*) (Christensen等, 1981) 和粟的霜霉病 (*Sclerospora graminicola*) (Hedge 和 Karand, 1978)。

表1-9概括了最近有关氯有抑制病害作用的研究。

氯在酸性土壤中起了硝化抑制剂和渗透剂的作用, 对植物水势有强烈的影响, 还参与某些植物气孔的关闭运动。上述诸因素对植物的健康都起积极作用。

表1-9

氮肥能抑制的病害

地 点	作 物	抑 制 的 病 害
俄勒冈	冬小麦	全蚀病
德国	冬小麦	全蚀病
北达科他	冬小麦	褐斑病
俄勒冈	冬小麦	条锈病
英国	冬小麦	条锈病
南达科他	春小麦	叶锈病
南达科他	春小麦	褐斑病
南达科他	春小麦	壳针孢属引起的病害
北达科他	大麦	普通根腐病
北达科他	大麦	斑枯病
蒙大拿	大麦	镰刀菌根腐病
北达科他	硬质小麦	普通根腐病
纽约	玉米	茎腐病
印度	粟	霜霉病
菲律宾	椰子树	灰叶斑病
俄勒冈	马铃薯	空心病
俄勒冈	马铃薯	褐心病
加利福尼亚	芹菜	镰刀菌黄化病

资料来源: Fixen, 1987年。

四、钾和生理失调

大量的影响作物产量和品质的营养失调症, 均与钾素营养不足有关。

很多国家均报道有因缺钾引起的水稻生理失调症 (Ismunadji, 1976), 大部分生理失调症与铁中毒有关。钾影响了水稻根系的氧化力 (Tanaka和Tadano, 1972)。水稻缺钾时烂根和根变黑率较高, 这是由于过氧化物酶的活性加强, 限制了进入根系周围土壤的氧的分泌。现将钾对过氧化物酶的活性和水稻产量的影响列于表1-10。

表1-10 钾对晚稻幼穗分化期第3片叶中过氧化物酶的活性和稻谷产量的影响

品 种	处 理 (公斤K/公顷)	过氧化物活性 (G.U/克鲜重)*	稻谷产量 (公斤/公顷)	增产 (%)
农虎6号	0	34.6	4245	
	63	17.3	5325	25.5
工 农	0	44.1	3330	
	63	30.0	3990	19.5
加湖4号	0	25.6	4545	
	63	18.5	5445	19.8
桐青晚	0	34.8	4245	
	63	16.5	5850	38.4

*G.U为愈疮木酚单位。

(根据孙羲等(1981)的资料改编)

von Uexküll (1985) 报道, 施用氯化钾明显减少椰子叶片破裂和树干伤流的发生率(表1-11)。

表1-11 氯化钾水平对北苏门答腊灰化黄土上生长的杂交椰子叶片破裂和树干伤流的影响

KCl (公斤/株)	叶片破裂 (%)	树干伤流 (%)	K 第14片叶中含量(%，干物质)	Cl
0	11.6	27.0	1.61	0.068
2.25	1.7**	8.1*	1.64	0.411**
4.50	1.2**	4.5**	1.66	0.506**

●显著; ●●极显著。

马铃薯脐端变黑与缺钾有关(Mulder, 1955)。在美国的俄勒冈州, 施用钾肥能增加马铃薯的产量和减少空心、褐心的百分比(Jackson和McBride, 1986)。

五、钾和气候因素

(一) 温度 钾能在增强植物抗高温和低温能力中起重要作用。不管温度高和低, 起作用的是类似的因子。大多数研究工作是在温带进行的。钾对低温和冻害的影响等都有详细的记载, 而钾对作物抗高温能力的影响研究尚少。生长在高于或低于最适温度的植物, 需钾量超过不受温度胁迫的作物的需钾量, 钾能增强植物的耐寒性。

在低温条件下, 细胞液浓度与冰晶体形成呈反相关, 良好的钾供应能减轻冻害, 从而加强了果树和其它作物抗低温的能力(Kiraly, 1976)。

作物抗冻性改善, 应归因于多种形态学和生理学因素, 例如健康深扎的根系, 粗壮的木质部导管, 高糖含量和碳水化合物的贮备, 可溶性蛋白质及阳离子。钾有利地影响着这些因子, 还能降低呼吸速率和水分损失, 这就增强了低温下的抗性(Nelson, 1978; Kemmler, 1987)。

在美国俄勒冈州的试验, 证实了马铃薯对钾肥用量800公斤 K_2O /公顷仍有反应(Jackson和McBride, 1986)。作者们认为这反应是因为钾肥减轻了9月初的中等程度冻害。

在印度, 马铃薯施钾也明显地减少冻害和增加块茎产量(Greval和Singh, 1980)。施钾还能增进甘蔗组织抵抗低温的生理能力, 从而促进成熟和改善蔗汁品质。

(二) 风 钾能加速厚壁组织木质化和增加禾谷类作物茎秆壁, 特别是基部茎秆壁的厚度, 因此增强了抗风和抗倒伏的能力(表1-12)。

美国蒙大拿州立大学的试验表明, 植物遭受干热风袭击时, 能够在几分钟内关闭气孔, 以抗御不良条件, 而缺钾作物气孔关闭需40多分钟, 结果大大增加了蒸腾损失(Skogley, 1976)(图1-2)。

Humbert (1968) 报道, 甘蔗缺钾, 叶片膨压小, 而被风吹时叶尖常撕裂。

根据Rosenquist报道, 有直接证据表明, 施氮肥会增加橡胶树的风害损失。叶片分析结果表明, 低钾和低锰与大风损失也有关。

表1-12

氮、钾施用量与水稻茎秆破裂强度的关系

(Kono 和 Takahasi, 1961)

氮水平	钾水平	茎秆基部 含钾量(%)	破裂负荷	稻草含 钾量(%)	稻草含 氮量(%)
低	低	1.7	450	1.7	0.7
	中	2.2	420	2.0	0.9
	高	2.8	460	1.9	0.8
中	低	0.5	320	1.6	0.1
	中	1.9	400	3.3	1.1
	高	2.8	420	2.3	1.0
高	低	0.3	280	1.2	1.5
	中	0.7	370	2.1	1.6
	高	2.7	410	2.7	1.4

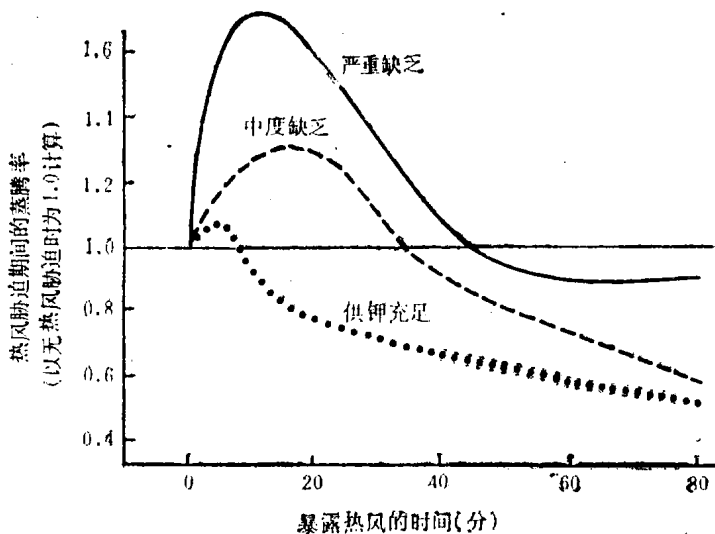


图1-2 钾对水分蒸腾损失的影响

(三) 水分 优良作物品种的高产，很大程度取决于作物对异常水分、温度异常及其它胁迫的抵抗能力和忍耐力 (Nelson, 1978)。

作物抗御干旱或水分过多时，需要有充足的钾。在美国的长期观察表明，玉米对钾的产量反应在干旱或水分过多的年份，总是高于水分接近正常的年份 (表1-13)。

表1-13

在玉米生长期中降雨量对钾肥效果的影响

(Younts, 1971)

降雨量(毫米)	产 量 (吨/公顷)		施钾增产 (吨/公顷)
	NP	NPK	
202(不足)	5.95	8.10	2.45
448(适合)	9.30	9.80	0.5
655(过多)	5.71	8.73	3.02

Su (1969) 发现, 在缺水和低温条件下菠萝组织钾 (K) 的临界浓度是 5 %, 而在正常条件下则是 3.5 %。这表明需抗御不利条件的植物组织, 需要较高的钾浓度。

六、钾和作物品质

作物许多品质参数与作物健康有关。在作物生产中钾常被称为“品质元素” (Usherwood, 1985)。缺钾的水果和蔬菜不耐贮藏, 往往比供钾充足的作物腐烂早且快。这对香蕉、菠萝、苹果、梨、桃和番茄之类水果作物, 特别重要。

生产马铃薯片用的马铃薯, 需高含钾量, 这样的马铃薯能生产出质量好、色淡的薄片。钾影响薄片的颜色, 是通过降低马铃薯中糖、氨基酸和酪氨酸的含量, 这些物质会使薄片色暗 (Cummings和Wilcox, 1968)。

Younts (1968) 报道, 钾能改善棉花衣分以及纤维长度和纤维强度, 还能增加种子含油量 (从14.7到19.4%)。

棉花枯萎病, 是中国东南部缺钾土壤的一个很严重的问题, 钾能增强棉花抗枯萎病的能力。据Chang和Liang (1978) 报道, 钾有效抑制了枯萎病的发生并能促进根的生长, 延迟叶的脱落, 增加产量和改善纤维品质。

Peck和Stamer (1970) 报道, 充足的钾营养显著减少晚熟甘蓝叶球黑心的百分率 (表 1-14)。

表1-14 钾对甘蓝内部变黑的影响

K(公斤/公顷)	叶球组织变黑(%)
0	45
35	27
140	7
465	0

番茄缺钾, 产量低、品质差、果实小、成熟差、早熟、早落, 同时不耐贮藏 (Usherwood, 1985)。

缺钾柑桔, 果实小、皮薄、味平淡。Koo (1961) 报道, Hamlin橙的果实开裂与叶片含钾量呈高度负相关。

早在1931年就有关于施钾有改善贮藏特性的报道 (Overly 和 Overholser, 1931)。中国梨含钾低, 易烂心, 非常不耐贮藏。经证实, 钾能改善桃的硬实度, 抗变 (褐) 色, 延长贮藏期限及改善其它许多质量参数 (Reeves, 1967)。

为了生产高质量的果实, 所有水果中香蕉和菠萝需钾量最高。如香蕉、菠萝需用船运到远方销售, 就需施高量钾肥 (Lahar和Turner, 1983)。钾对香蕉质量的有利影响, 使需钾量远远超过了维持高产所需钾的水平。在中国, 实际上所有香蕉都缺钾。

菠萝施钾能改善果皮和果肉的颜色, 使果实半透明, 糖度、酸度、风味等变佳并能延长鲜果贮藏寿命 (Sanford, 1968)。

七、摘要和结论

钾不同于其它营养元素，它参与了几乎所有植物健康因素，包括抗病虫害，预防许多生理性失调症和抗御不利的气候条件等。此外钾还是许多与作物健康有关的品质参数的关键因素。

根据Perrenoud (1977) 报道，钾对减轻细菌性病害的作用最大，真菌性病害次之。对减低昆虫，如介壳虫、螨，特别是蚜虫造成的损失也有效。在作物健康诸因素里，钾是最重要的元素。而如果氮不以钾平衡，氮就会对植物健康产生不利的影响。

钾还是许多植物品质的重要元素。

在过去的40年，中国在增加作物生产和肥料施用方面，取得了很大进步。但至今肥料施用的增长非常不平衡，主要偏重氮肥。继续这样下去，最后可能会给中国农业带来灾难性的后果。偏施氮肥不仅会很快耗竭中国土壤本身的钾贮存，还会使作物更易受病虫害和不良气候条件的危害，在中国人民收入提高，需要高质量食品的时候，作物品质则下降了。

增施氮肥是在短期内增加作物产量最快的方法。现在该认真考虑一下施肥的长期含义。要高产、稳产，保持氮肥效率和增强作物健康、改善作物品质，平衡施用氮、磷、钾非常重要，这样才能收到施用化肥的圆满效果。

(马茂桐 译)

POTASSIUM AND PLANT HEALTH

H. R. von Uexküll R. P. Bosshart

SUMMARY

Although nitrogen is the element that usually has the greatest effect in increasing crop yields, potassium is the element needed most for plant health. Imbalanced use of nitrogen, as currently practiced in China, not only depletes native soil potassium (K) reserves, but it will increase susceptibility of plants to disease and insect pest attacks and will also reduce crop quality. This paper gives an overview as to the effects of K on all major parameters of plant health.

钾离子在植物-水分关系调节中的作用

M.G.Lindhauer

(Büntehof Agricultural Research Station, FRG)

一、引言

钾是仅次于氮的一种无机必需营养元素，在植物体内的浓度也最高。植物体内的钾，总以一价离子存在，从不涉及共价键的形成，其特点是具有很高的移动性，以致无论是在细胞内还是在整个植物中，它都很容易被置换出来。

根据Clarkson和Hanson (1980) 的研究，有必要强调一下 K^+ 的三个主要功能的特性：

1. K^+ 在电荷中和中是优先利用的阳离子 电荷的中和是与穿过生物膜的运输过程紧密联系的，即，在这种特定情况下，与 K^+ 的转移膜运输相关联。特别是在具有极少有机阳离子的细胞质里，可溶的和大分子阴离子的转动，都必须是在电平衡下进行的。另一方面，必须有有机酸的合成，以通过质子泵泵出来调节细胞质pH。由于这些原因，细胞的 K^+ 吸收和 H^+ 的输出，就要有一种紧密的相关关系。 K^+ 和 H^+ 具有拮抗作用的转移膜运输，导致了穿过膜的pH和电荷梯度的产生，在叶绿素的光合磷酸化和细粒体的氧化磷酸化作用期间，能量(ATP)合成的生理过程中，这种运输具有决定性的意义。

已有人更详细地讨论了 K^+ 在转移膜运输过程中的特殊作用，这些过程与韧皮部负载和无负载期间同化物的转移，以及贮藏细胞对己糖或蔗糖的吸取有关。Lauchli 和 Pflüger (1979)，Leonard (1983)，Giaquinta (1983)，Mengel (1985) 和Huber (1985)，就这些不同方面作了详尽的综述。

2. K^+ 是酶的活化剂 我们知道在代谢作用中，有不同反应基因的60多种酶，需要 K^+ 的活化(Mengel, 1977; Beringer, 1978)。酶最大活性时所需 K^+ 的浓度是比较低的，在10~50毫摩尔/升之间(Hsiao和Lauchli, 1986)。细胞质中的 K^+ 浓度通常是100毫摩尔/升，据Wyn Jones和他的同事(1979)估计，由于蛋白质合成的离子需求，这么高的浓度是必需的。Gibson等(1984)最近的发现支持了这一假设。他们的结果表明，在 K^+ 为100毫摩尔/升或更高时，试管中蛋白质的合成才达到最大。

3. K^+ 是最重要的渗透活性物质(在非适盐作物中) 除了这些生物化学功能外，钾在植物的水分关系调节中，起着一种重要的生物物理作用，在植物水分状态中的这些特殊作用，就是以下章节将要讨论的。

二、膨压调节、渗透调节和伸展生长

众所周知，供钾较好的植物，其组织中的水分含量增加。例如图2-1中种植在盆钵(12

公斤土) 中的向日葵, 施钾量为0.6克K/盆 (K_1 = 缺钾植物) 和5.0克K/盆 (K_2 = 钾充足植物), 钾充足, 植物的叶总是显示出更高的多汁性(即单位叶面积具有更高的含水量), 施钾植物的多汁性, 就是在水分缺乏条件下, 其体内水分也可能相对维持不变, 而缺钾植物, 则有明显的水分损失。

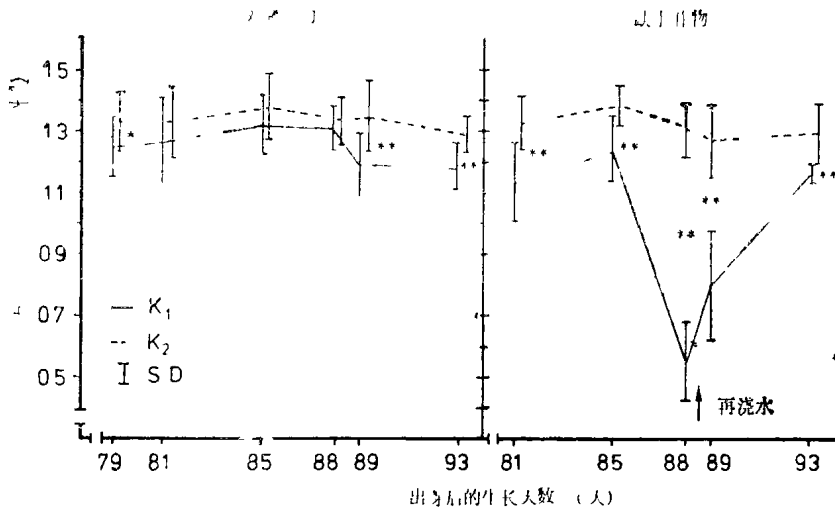


图2-1 供水良好和水分紧缺的向日葵在两种施钾水平下的叶片汁液含量
 K_1 =0.6克K/盆; K_2 =5.0克K/盆; 每盆12公斤土。
 * K_1 和 K_2 处理的显著性差异在5%;
 ** K_1 和 K_2 处理的显著性差异在1%。

要理解 K^+ 浓度在维持膨胀度中的作用, 就应该记住 K^+ 的功能, 绝对依赖于它在细胞液中的摩尔浓度, 对作物的最适生长而言, 这个浓度是100毫摩尔/升到200毫摩尔/升(Leigh和Wyn Jones, 1984), 如Leigh和Johnston (1983a, b) 的春大麦田间试验就表明, 具有更高产量的施钾作物, 在大部分生长期里, 它们组织中的 K^+ 浓度都维持在200毫摩尔/升。而不施钾的植物, 其细胞液中的 K^+ 浓度只有50~70毫摩尔/升, 谷粒产量低于施钾作物的50%。在成熟的植物细胞中, 液泡占据了细胞体积的80~90%。所以从定量上讲, 钾充足的植物, 细胞中 K^+ 大部分都在液泡内, 这样, 液泡内的 K^+ 浓度应类似于整个组织的 K^+ 的平均值(Hsiao和Lauchli, 1986)。

据认为, 细胞质的 K^+ 浓度在100~200毫摩尔/升之间(Leigh和Wyn Jones, 1984)。甚至在减少钾供应的情况下, 细胞质仍倾向于维持这一临界水平, 这时 K^+ 消耗大部分由液泡提供, 也许有少部分来自质外体。这样, 液泡中的 K^+ 水平有可能降到10~20毫摩尔/升, 这被认为是最低的水平, 一旦达到这一水平, 组织中 K^+ 的进一步减少, 就必须消耗细胞质中的 K^+ (Leigh和Wyn Jones, 1984), 从而引起细胞质代谢紊乱。关于质外体中 K^+ 浓度的数据是非常少的。Leigh和Tomos (1983) 测得红甜菜贮藏根细胞壁中, K^+ 的浓度为150毫摩尔/升。但是否这些数据就能代表植物组织的平均水平, 仍然需要进一步的解释。

从植物细胞的不同部位或在整个组织中, K^+ 浓度由于 K^+ 盐的渗透活度而变化这一点来考虑, 与阴离子结合的 K^+ 就成为植物组织渗透性的一个重要的组成部分了。不仅在液泡中, 而且在原生质中, K^+ 看来除起到一种生化作用外, 还具有一种生物物理功能。因为 K^+

非常有助于原生质的渗透调节。 K^+ 的伴随离子主要是有机阴离子和氯离子,根据作物的生长和营养状况,也有较少硝酸根、硫酸根和磷酸根。通常钾盐是极易解离的,下面的例子将说明贡献于渗透势的钾盐的数量级。假定与一价阴离子相结合的200毫摩尔/升的 K^+ ,是液泡仅有的溶质的话,液泡的渗透势大约是 -0.9 兆帕(Hsiao和 Läuchli, 1986)。通过对渗透势的显著影响,钾盐间接地促进了膨压的维持和植物细胞的总水势,这些都是调节植物组织吸收水分的参数。

由盆栽土豆块茎的结果(1.25、5.0和10.0克 K^+ /盆)(表2-1)可以说明这些相互关系。随着钾营养的增加,出现较低的水势(ψ)和渗透势(ψ_s)值,是由于在细胞液中有较高的 K^+ 浓度,与此相平行,随着组织中 K^+ 含量的提高,膨压的增加与块茎的水分含量间具有很好的相关性。

表2-1 钾素营养对水势(ψ)、渗透势(ψ_s)、膨压(ψ_p)、
土豆块茎中水和钾含量的影响*

	$K_{1.25}$	$K_{5.0}$	$K_{10.0}$
ψ (巴)	$-0.9a^{**}$	$-1.6b$	$-2.0c$
ψ_s (巴)	$-6.3a$	$-7.3b$	$-7.9c$
ψ_p (巴)	$+5.3a$	$+5.9b$	$+6.0b$
水(克/克干重)	2.9a	3.6b	3.7b
K^+ (毫克当量/升细胞液)	93a	154b	179c

* 土豆种在12公斤土的盆钵中,施钾量分别为1.25、5.0和10.0克 K /盆。

** 各列数字后的不同字母代表各钾处理间的差异显著性在5%。

(引自Beringer等, 1983)

膨压的物理力早就被认为是驱动力,为细胞的伸长或分裂,从内部提供必要的压力,以使生长组织的细胞壁伸展(Hsiao, 1973)。如果植物受到干旱,就会立即出现叶片伸展显著降低的现象(Michelena和 Boyer, 1982)。图 2-2 说明了合适的钾素营养对生长的重要性。在14天的试验期内,合理施钾的矮秆向日葵,其地上干物质的量,显著提高了。这种干物质的增加是与 K_2 植物叶片中较低的渗透势和较高的膨压相适应的。这些结果证实了Mengel和Arneke (1982)早期的发现,即钾的缺乏是与矮菜豆幼苗叶的膨压降低(大约降低0.2兆帕),生长速度延缓和细胞变小有关的。因为膨压对植物的伸展生长来说,是至关重要的(Bradford和Hsiao, 1982),我们可以说缺钾植物的膨压较低,是降低生长速度的原因(Beringer, 1982; Mengel和Arneke, 1982)。

在缺钾植物中,其它溶质(Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , 有机溶质)的积累,被认为是代替组织中 K^+ 来维持膨压的(Leigh和Wyn Jones, 1984)。在前面图2-2所描述的实验中,向日葵叶溶质组分的分析表明,缺钾植物的叶片汁液中钾含量较低, Mg^{2+} 和 Ca^{2+} ,特别是 Mg^{2+} 有所积累(图3-3)。然而在施钾植物中,这些离子的浓度很低,而 K^+ 占主导地位。在缺钾植物中 K^+ 的缺乏是通过提高己糖的浓度来补偿的。有意思的是,在整个调查期内,这两种施钾处理中,阳离子与糖的浓度之和,都在250到400毫克当量/升之间变动。尽管这些溶质浓度相对相等,但钾充足植物中,叶的渗透势证明是更负的,膨压是更高的。(图2-2)。看