

黑土钾素分布状态与大豆钾肥效应的研究^{*}

韩晓增¹ 王守宇¹ 刘晓洁²

(1. 中国科学院黑龙江农业现代化研究所 哈尔滨 150040; 2. 国家大豆工程技术研究中心 150086)

摘要 在南北狭长的黑土分布区内,分别在南北中三地的中高低肥力采土样9个在实验室分析和集中于哈尔滨连续三年进行盆栽和部分田间试验,试验结果表明:黑土区土壤钾素较其他土类含量丰富,不同肥力不同地点土壤速效钾含量为 $121 \sim 212 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 土;缓效钾含量为 $656 \sim 1256 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 土,均在中高水平以上。在正常生产条件下,黑土农田完全能满足大豆生产所必需的钾,施钾没有增产效果。在特殊条件下,钾有增产作用。在干旱条件下,钾有增产作用,平均增产15.6%。在大豆重迎茬病虫害加重的条件下,施钾有显著增产作用,迎茬增产10.5%~22.6%,重茬条件下施钾,增产幅度为11.6%~23.8%。为了追求大豆高产而单独增加氮磷施量,没有增产效果,在增加氮磷施量同时施钾,可增产8.6%。

关键词 黑土;钾分布;大豆;钾肥效应

中图分类号 S 158.3 文献标识码 A 文章编号 1000-9841(2002)01-0036-07

随着农业生产力水平的不断提高,黑土大豆产区不断地有施钾提高大豆产量的报导^[1,2,3],同时生产上最近几年也持续地投入钾肥和增加用量。钾是大豆生长的生理调节物质,不是生命构成物质,在含钾量较其它土类丰富的黑土区,究竟是因土壤中大豆可吸收钾性低于大豆生产下限,还是因为干旱、病虫害等因素影响土壤钾的有效性和大豆对钾的吸收,即大豆施钾增产机理报道较少。本试验采用实验室分析、盆栽和田间试验的方法,系统地研究了黑土农田钾素分布状况与大豆增产机理,为黑土区大豆施钾提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 材料

供试材料采自黑土南部地区公主岭、中部地区哈尔滨和北部地区海伦市,每个地区选取能代表本地的高、中、低三种肥力的农田采样,供室内分析和盆栽试验,土壤基本性状列表1。

1.2 土壤某些性质的测定方法

土壤全钾用碳酸钠碱熔法,缓效钾用1N热硝

酸浸提,速效钾用1N醋酸铵作为提取剂,全氮用开氏法,速效氮用碱解扩散吸收法。全磷用氢氧化钠碱熔——钼锑抗比色法,速效磷用碳酸氢钠法。pH用pH-2型酸度计测定,水土比1:1。

1.3 盆栽试验

(1)钾肥肥效试验

将黑土三个地点各高中低肥力共9个土样按土层上中下分三层按序装入盆中,每层取土深度为20cm,重2kg,分两个处理:施钾(K_2O) $0.15 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 土和未施钾。试验均施氮磷, N : $0.04 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 土, P_2O_5 : $0.02 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 土。

(2)钾肥的抗旱效果试验

将9个土样按(1)的方法装盆和施用氮磷钾。试验设4个处理:①未施钾正常水分;②未施钾干旱水分;③施钾正常水分;④施钾干旱水分。正常土壤水分控制在海伦黑土田间持水量45%的65%;干旱处理土壤水分7月10日前控制在正常土壤水分的60%,7月10日后控制在土壤正常含水量的70%。

(3)高氮磷条件下的钾肥效应

将9个土样按(1)的方法装盆和施用钾量。试验设4个处理:①未施钾,氮磷施量为处理(1)的氮

* 收稿日期:2001-03-22

基金项目:中国科学院创新工程重大项目(KZCX1-CA)的一部分。

作者简介:韩晓增(1957-),男,研究员,主要从事土壤与大豆营养方面的研究。

磷用量;②施钾,氮磷用量为处理(1)的用量;③未施钾,氮磷施量为 N: 0.06g°kg⁻¹ 土, P₂O₅: 0.04 g°kg⁻¹ 土;④施钾,氮磷施量均为 N: 0.06g°kg⁻¹ 土, P₂O₅: 0.03 g°kg⁻¹ 土。上述所有盆栽试验均为 5 次重复,随机排列,氮为商品尿素含氮 46%,

磷肥为磷酸二铵含氮 18%,含磷 19.8%,钾肥为硫酸钾,含钾 38%。

上述盆栽试验于 1990 年—1992 年连续三年在同一地点进行。

表 1 供试土壤基本情况

Table 1 The primary properties of the tested soil

地点 Spot	编号 No.	肥力 Fertility	有机碳 C (g°kg ⁻¹)	全氮 Total N (g°kg ⁻¹)	速效氮 Quick-acting N (mg°kg ⁻¹)	全磷 Total P ₂ O ₅ (g°kg ⁻¹)	速效磷 Quick-acting P ₂ O ₅ (mg°kg ⁻¹)	全钾 Total K ₂ O (g°kg ⁻¹)	缓效钾 Slow-acting K ₂ O(mg°kg ⁻¹)	速效钾 Quick-acting K ₂ O(mg°kg ⁻¹)	pH
海伦 Hailun	1	高 high	29.12	2.54	219.5	1.80	108.0	25.2	1265	212	6.84
	2	中 mid	26.68	2.39	199.5	1.42	71.0	26.9	1105	198	7.14
	3	低 low	21.23	1.06	132.1	1.28	32.6	24.3	908	167	7.00
哈尔滨 Harbin	4	高 high	25.00	1.69	135.8	1.45	69.4	24.8	1136	199	7.15
	5	中 mid	17.05	1.41	118.5	1.52	45.6	25.1	867	171	7.20
	6	低 low	11.60	1.00	101.3	1.46	38.4	26.2	725	142	7.15
公主岭 Gongzhuling	7	高 high	16.76	1.58	115.7	1.19	63.5	24.7	1014	195	7.35
	8	中 mid	12.65	1.34	97.7	0.97	57.8	24.8	821	164	7.40
	9	低 low	9.24	0.75	73.6	0.86	43.1	24.0	656	121	7.25

1.4 田间试验

1)田间微区试验

为了检验重茬大豆对钾素的敏感性,分别在大豆正茬、迎茬、重茬上设微区试验.微区宽 0.7m,长 1.5m,面积 1.05m².共设 7 个处理:(1)对照。(2)1.96g 钾/区。(3)3.92g 钾/区。(4)5.88g 钾/区。(5)7.84g 钾/区。(6)9.80g 钾/区。(7)11.76g 钾/区。上述 7 个处理均施氮 2.76g/区,磷 3.16g/区。

2)田间大区试验

在重茬和迎茬大豆田里各设七个试验处理:①对照区;②施钾 37.4kg°hm⁻²;③施钾 74.7kg°hm⁻²;④施钾 112.1kg°hm⁻²;⑤施钾 149.4kg°hm⁻²;⑥施钾 186.8kg°hm⁻²;⑦施钾 224.0kg°hm⁻²。七个处理均施磷酸二铵 150 kg°hm⁻²。

上述微区、田间大区试验于 1994 年—1996 年连续三年在同一地点进行。

分(高水平>120 mg°kg⁻¹,中水平 60—120 mg°kg⁻¹,低水平<60 mg°kg⁻¹),速效钾均在高水平以上。缓效钾(高水平>650 mg°kg⁻¹,中水平 300—650 mg°kg⁻¹,低水平<300 mg°kg⁻¹),均在中高两个水平上(见图 1)。土壤速效钾和缓效钾含量与土壤肥力有正相关,即土壤肥力高的农田土壤速效钾和缓效钾的含量也高;土壤肥力低的农田,则土壤速效钾和缓效钾含量也低。

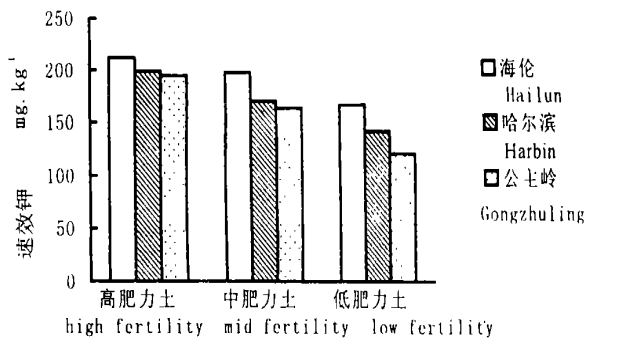


图 1 黑土不同地区速效钾含量

Fig. 1 Content of available K in different black soil region

2 结果与讨论

2.1 黑土农田钾素分布状态

黑土农田 0—20cm 耕层土壤速效钾含量为 121—212mg°kg⁻¹,缓效钾含量为 656—1265mg°kg⁻¹,全钾含量在 24.0—26.9 g°kg⁻¹。就黑土分布区而论,速效钾、缓效钾由南向北逐渐升高,而全钾量变化不大,按国内有关资料速效钾划分标准划

从表 2 可以看出,速效钾具有垂直分布特征。如果把 0—20cm 耕层土壤的速效钾看作 100%,那么在海伦地区的黑土农田上,20—40cm 耕层的速效钾占耕层的 69.7%,40—60cm 土层的速效钾占 44.1%,60—80cm 土层的速效钾占 50.2%,80—100cm 土层的速效钾占 34.9%。在哈尔滨地区的黑

表 2 黑土农田耕层土壤钾素分布状态

Table 2 The vertical distribution of K in plowed layer in black soil maize pot culture

地点 Spot	编号 No.	肥力 Fertility	层次 Hierarchy (cm)	速效钾 Quick—acting K ₂ O	缓效钾 Slow—acting K ₂ O	全钾 Total K ₂ O (g·kg ⁻¹)
海伦 Hailun	1	高 high	0~20	212	1265	25.2
			20~40	158	1206	24.6
			40~60	116	1144	25.4
			60~80	157	1100	25.3
			80~100	105	1049	25.8
	2	中 mid	0~20	198	1105	26.9
			20~40	138	1106	25.4
			40~60	83	1023	24.8
			60~80	68	954	23.9
			80~100	54	901	26.8
	3	低 low	0~20	167	908	24.3
			20~40	106	849	25.4
			40~60	55	806	26.1
			60~80	64	812	23.2
			80~100	42	715	24.8
	4	高 high	0~20	199	1136	24.8
			20~40	141	1093	24.8
			40~60	93	1018	25.6
			60~80	60	1020	23.1
			80~100	80	983	25.3
哈尔滨 Harbin	5	中 mid	0~20	171	867	25.1
			20~40	139	818	24.6
			40~60	86	743	25.0
			60~80	28	687	26.1
			80~100	105	635	24.9
	6	低 low	0~20	142	725	26.2
			20~40	81	548	24.2
			40~60	106	581	25.6
			60~80	62	524	26.1
			80~100	58	479	26.7
	7	高 high	0~20	195	1014	24.7
			20~40	134	954	23.9
			40~60	83	969	24.6
			60~80	76	853	25.1
			80~100	76	951	23.8
公主岭 Gongzhuling	8	中 mid	0~20	164	821	24.8
			20~40	119	806	25.9
			40~60	61	800	26.1
			60~80	58	794	24.0
			80~100	57	809	23.1
	9	低 low	0~20	121	656	24.0
			20~40	83	631	24.9
			40~60	62	614	24.8
			60~80	48	605	23.1
			80~100	43	594	25.1

土农田中, 20—40cm 土层中, 速效钾占 0—20cm 耕层中的 70.8%, 40—60cm 土层中速效钾占 55.9%, 60—80cm 土层中, 速效钾占 29.4%, 80—100cm 土层中速效钾占 47.6%。在公主岭地区, 黑土农田土壤 20—40cm 土层速效钾占 0—20cm 耕层的

70.0%, 40—60cm 土层中速效钾占 42.9%, 60—80cm 土层中速效钾占 37.9%, 80—100cm 土层中速效钾占 36.7%。由此可见, 黑土农田土壤速效钾在土壤剖面垂直分布过程中, 由上至下逐渐减少, 越往下越趋于稳定, 而 0—20cm 土层受作物吸收和富集

的影响较大, 全区 20—40cm 土层速效钾含量都相当于耕层的 70% 左右。

土壤中缓效钾水平分布由南到北逐渐增加, 剖面垂直分布由上到下逐渐减少, 40cm 以下各土层缓效钾变异不大, 且没有规律可循, 这可能是作物根系大量吸收 0—40cm 土层中的缓效钾, 而 40cm 以下土层中缓效钾吸收较少, 这是 40cm 以下土层缓效钾变异不大原因所在。

黑土农田土壤全钾含量在水平和垂直两个方向上分布基本稳定, 变幅在 $23.1—26.9\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 范围内, 全钾量对作物影响不大, 但它是有效钾的重要来源。

2.2 黑土供钾能力与钾肥效应

将不同地点土样集中于黑土中部哈尔滨, 在肥水同等条件下检查大豆钾肥效应, 将试验结果作图 2 和图 3。图 2 表明, 无论是南部薄层黑土的高、中、低肥力还是北部中厚黑土的高、中、低肥力土壤, 9 个点施钾对产量影响经新复极差法检验, 均未达到差异

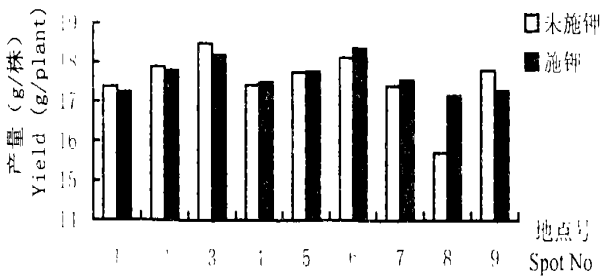


图 2 大豆钾肥产量效应

Fig. 2 Effect of K fertilizer for soybean

显著水平。未施钾 9 个点之间产量差异也不显著。这表明了在满足常规氮磷和水分供给的条件下, 黑土从南到北, 9 个点之间无论施钾还是未施钾都没有产量差别, 即地点对产量没有影响。施钾处理和未施钾处理相比, 差异也不显著, 这充分表明黑土可利用钾能满足大豆正常条件下生长所需, 黑土是所有土类中供钾能力较强的一种土壤^[4]。大豆是低产作物, 黑土区多年平均单产均 $1500—1600\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$, 对钾的需求在玉米、小麦、甜菜作物以下。所以钾肥对大豆子实产量影响不大, 说明黑土区土壤供钾能满足大豆正常生产。图 3 表明施钾和未施钾相比, 施钾增加大豆植株重量其差异达显著水平。这与大豆本身生物学性状有关。一是大豆具有奢侈吸钾生理现象, 当土壤供钾量达到一定程度时就会发生此现

象, 二是大豆营养生长必须与生殖生长协调发展, 单纯的植株繁茂不是丰产的标志, 即库源规律所决定。

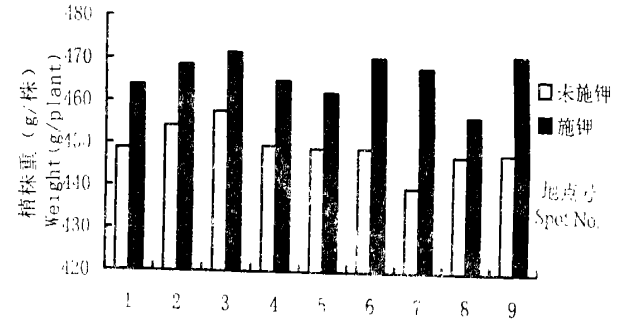


图 3 施钾对植株营养体重的影响

Fig. 3 Effect of K application on nutrient body

2.3 钾肥对大豆抗旱性的影响

干旱是大豆减产的主要限制因子, 生产上也常有干旱年份出现, 试验表明: 干旱处理即较正常水量减少 1/3 情况下, 黑土各点大豆均减产, 未施钾条件下大豆子粒减产 16.48%, 植株营养体重减轻了 16.40%, 差异达到极显著水平; 施钾条件下子粒减产 3.4%, 差异不显著; 营养体重减轻了 11.60%。从图 4、5 可以看出, 在干旱条件下施钾的显著效果, 子粒增产 15.65%, 差异达到了极显著水平; 营养体重增加了 9.74%, 差异达到了极显著水平。增施钾肥能增强作物的抗旱力, 是由于钾离子有调解原生质的胶体特性, 使胶体保持一定的分散度、水化度和粘滞性等。钾离子可增加原生质的水和作用, 而钙能促使原生质浓缩, 降低细胞的渗透性, 当它们同时存在时, 由于拮抗作用, 可使胶体保持一定分散度, 又有一定的粘滞性和渗透性, 使水能顺利地进入细胞, 加强了细胞的持水能力, 从而增加了大豆抗旱性。钾能影响气孔运动, 从而调节蒸腾作用^[6]。

2.4 高氮磷条件下的钾肥效应

大豆生长所需营养元素需要按比例供给, 当提高氮磷用量时, 必须适当提高钾肥施用量, 方能达增产之功效。图 6、图 7 表示了相当于正常施氮磷量的 1.5 倍条件下钾肥的效应。在单纯使用氮磷的情况下, 高量的氮磷较正常氮磷大豆子粒减产, 差异不显著; 植株营养体重量变化差异也不显著。在高氮磷条件下, 增施钾肥, 大豆子粒增产 8.67%, 差异达到了极显著水平(见图 7); 植株营养体重量变化差异不显著。从大豆营养生理角度出发, 如果欲提高大豆产量, 单纯施用氮磷不能达到目的, 必须配施钾肥, 才能达到增产之功效。这是因为钾是许多酶的活化

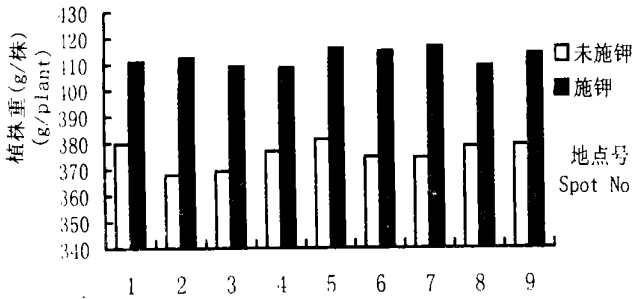


图4 干旱条件下施钾对植株重的影响

Fig. 4 Effect of K application on the plant weight in dry condition

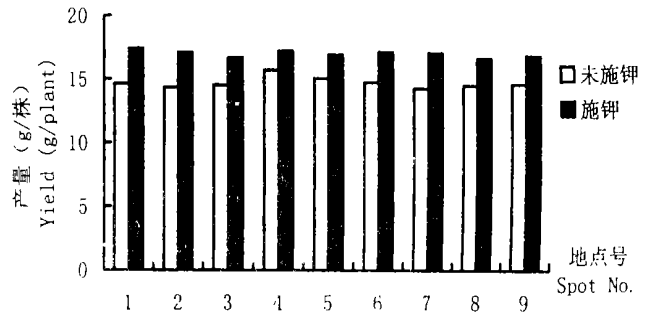


图5 干旱条件施钾对产量的影响

Fig. 5 Effect of K application in dry condition on yield

剂,能促进碳水化合物的代谢和合成,相应促进油脂的形成。钾对氮素代谢和蛋白质合成有很大影响,这是因为钾素促进了碳水化合物的代谢,产生有机

酸作为铵的受体,有利于氨基酸的形成,促进蛋白质的合成。

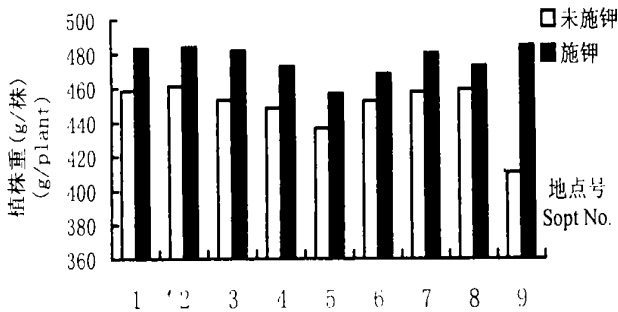


图6 高氮磷条件下钾对大豆植株营养体重的影响

Fig. 6 Effect of K in high N and P application on nutrient body

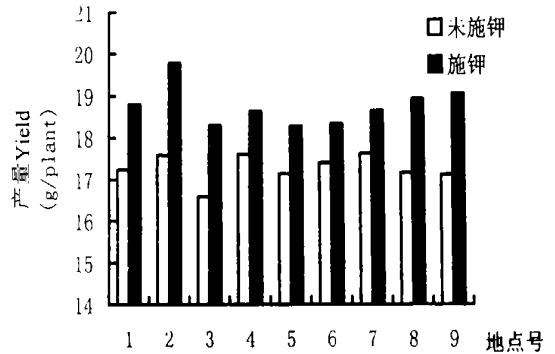


图7 高氮磷条件下钾对大豆产量的影响

Fig. 7 Effect of K in high N and P application on yield

2.5 重迎茬大豆需钾特征与施用技术

2.5.1 微区试验结果

从图8看出,施钾,对重迎茬大豆产量均产生显著影响,迎茬大豆在每平方米3.8g钾以内施钾量与产量有线性关系。重茬大豆施钾亦有增产作用,在每平方米12g钾的范围内,施钾与大豆有线性关系。

2.5.2 田间大区试验结果

将重迎茬大豆钾肥试验结果作图9,从图9可以看出,迎茬大豆在氮磷基础上施钾,有显著的增产效果,其增产幅度为10.58%—34.13%。大豆施钾与施氮磷相比有两个特征:一是在七个施钾的级差中,其产量随施钾增加而有所提高,即施钾量在224.1kg/hm²内,产量与施钾量呈线性变化。在氮磷试验中,氮磷施量与产量均呈抛物线变化。二是增产幅度小,在第一级差的肥料试验中氮磷增产在17%以上^[1],而钾仅为10.58%,由此可见,迎茬大

豆在肥料品种方面首先需要的是氮磷,其次才是钾。

将迎茬大豆施钾试验小区产量结果用新复极差法进行显著性测定,测定结果表明,所有的施钾均比不施钾增产效果显著。在74.7kg/hm²—186.8kg/hm²的施钾范围,虽有增产,但增产效果未达到显著水平。施钾量为37.4kg/hm²和224.1kg/hm²两个水平时,其产量达显著性差异。

重茬大豆随着钾肥施用量的增加,其产量逐渐提高,施钾量达到149kg·hm⁻²时,再提高施钾量,其产量提高的幅度减小。迎茬大豆施钾量74.7kg·hm⁻²时,再增加施钾其产量增加幅度缩小,由此不难看出,重茬大豆需钾数量比迎茬多。用新复极差法对重茬大豆施钾产量结果进行差异显著性测验,其结果表明所有施钾处理的产量结果较对照都达到显著水平。施钾量在37.4kg·hm⁻²和74.7kg·hm⁻²、24.1kg·hm⁻²个水平上,其增产效果

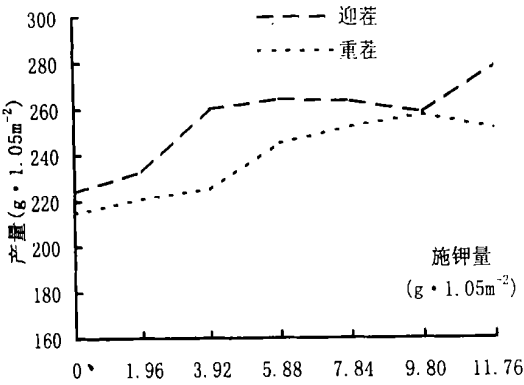


图 8 不同施钾量对重迎茬大豆产量影响

Fig. 8 Influence of variable K application on the yield of soybean follows soybean of follows the next

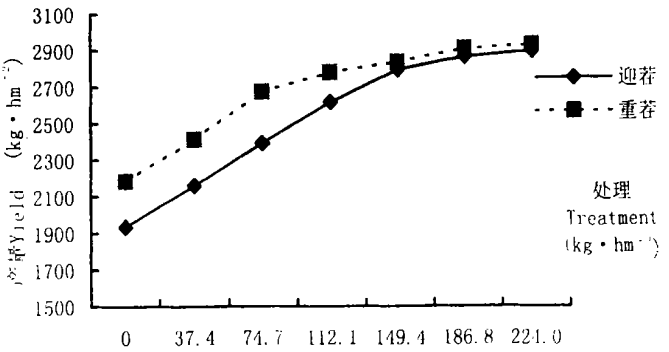


图 9 重迎茬大豆施钾试验产量结果

Fig. 9 Yield of soybean follows soybean or follows the next

均达到显著水平。这是因为重迎茬大豆病虫害是其减产主要原因^[7], 而钾能增强大豆抗病能力, 钾对茎根部纤维素合成有促进作用, 钾充足时, 大豆茎叶中纤维素含量增加, 促进大豆维管束的发育, 厚角组织细胞加厚、根茎强度增加、植株生长健壮、增强对病虫害抵抗能力。

3 结语

黑土是肥沃土壤之一, 其土壤有效钾含量能满足大豆正常生长的需要, 此时, 增施钾肥, 没有增产作用。在大豆生长过程中, 遇到干旱、病虫害等自然灾害时, 施用钾肥有明显的减产控制作用。在为了取得大豆高产提高氮磷用量时, 必须配施钾肥, 才能达到大豆增产之功效。

黑土区土壤可利用钾丰富, 不同肥力不同地点土壤速效钾含量为 121—212mg · kg⁻¹ 土; 缓效钾含量为 656—1256mg · kg⁻¹ 土, 在正常生产条件下, 完全能满足大豆生产所必需的钾, 施钾经新复极差法检验差异不显著, 没有增产效果。在干旱条件下, 施

钾有增产作用, 平均增产 15.6%。在大豆重迎茬病虫害加重的条件下, 施钾有显著增产作用, 迎茬增产 10.5%—22.6%, 重茬条件下施钾, 增产幅度为 11.6%—23.8%。为了追求大豆高产而单独增加氮磷施量, 没有增产效果, 在增加氮磷施量同时施钾, 可增产 8.6%。

参 考 文 献

- 1 于广武. 重视钾肥的投入提高大豆单产[J]. 大豆通报, 1995, 1: 23—24.
- 2 李玉颖, 梁红, 张东铁. 钾对大豆产量及品质的影响[J]. 土壤肥料, 1993, 2: 24—26.
- 3 吴秀清. 黑土地区钾肥对大豆产量效应的研究[J]. 东北农业大学学报, 1995, 26(1): 1—6.
- 4 韩晓增, 何喜云, 王守宇. 黑土农田供钾特性与施钾技术[J]. 地理科学进展, 1998, 17(增刊): 139—153.
- 5 谢建昌, 杜承林. 土壤钾素的有效性及其评定方法的研究[J]. 土壤学报, 1988, 25(3): 270—280.
- 6 李舒凡, 沈桂琴, 徐美德. 施钾对增强大豆抗旱型的影响[J]. 大豆科学, 1993, 12(4): 302—307.
- 7 韩晓增, 何志鸿, 刘忠堂. 大豆重迎茬减产机理与对策研究[J]. 大豆通报, 1999, 1 P4—6.

ABILITY OF BLACK SOIL SUPPLYING POTASSIUM AND EFFECT OF POTASSIUM FERTILIZER ON SOYBEAN

Han Xiaozeng¹ Wang Shouyu¹ Liu Xiaojie²

(1. *Heilongjiang Institute of Agricultural Modernization, CAS, Harbin 150040;*

2. *National Soybean Engineering and Technique Research Center, Harbin*)

Abstract The black land is distributed in a narrow area from south to north in northeast of China nine soil samples with high, middle and low fertility were collected in the field of south, north and middle area. These samples were analyzed in laboratory, and pot experiment was performed mainly in Harbin. The results showed that Black soil has high potential of providing potassium, the concentration of available potassium in the soil was 121—212 mg · kg⁻¹ in different fertility soils and different place; the slowly available potassium was 656—1256 mg · kg⁻¹, all of which are of middle or high level. The content of potassium is sufficient for soybean growth under normal production conditions and there no effect on increasing yield. Under drought condition, the potassium increased yield by 15.6%. Under the condition of serious plant diseases and insect pests, the potassium increased the yield by 10.5%—22.6% under soybean following other crops and by 11.6%—23.8% under continuous cropping. Increasing the N and P application singly for high yield, there would be no increasing effect in yield. But if the N, P and K were increased at the same time, the yield would be increased by 8.6%.

Key words Black soil; Providing Potassium; Soybean; Potassium fertilizer