第2卷 第1期
1996年3月

植物营养与肥料学报
PLANT NUTRITION AND FERTILIZER SCIENCE

Vol.2 No.1
Mar. 1996

棕壤季节性供钾特性与玉米钾素阶段营养

张满珍 张保烈 邱卫文 雷永振 赵 凯 王祥珍

(辽宁省农业科学院土壤肥料研究所,沈阳 110161)

POTASSIUM SEASONAL SUPPLY CHARCTERISTICS OF BROWN SOIL AND POTASSIUM ABSORPTION PATTERN OF CORN

Zhang Manzhen Zhang Baolie Qiu Weiwen Lei Yongzhen
Zhao Kai Wang Xiangzhen

(Soil and Fertilizer Inst., Liaoning AAS, 110161)

影响土壤钾素有效性的因素很多,其中温度和水分是重要的环境因素。当各季节的温度和雨量改变时,必然影响土壤钾素释放过程,从而使土壤钾素供应具有季节性变化的特点[1]。土壤含水量影响K^+在土壤中的扩散作用,从而影响玉米对钾素的吸收;温度影响土壤中钾的转化和扩散速率,同时通过影响玉米根系的呼吸作用,而左右根系对钾素的主动吸收[2]。同时,玉米遗传特性也影响其对钾素的吸收利用。为此,我们从土壤钾素供应的季节性变化和玉米对钾素吸收积累的阶段营养特点这两个方面进行了研究,为玉米合理施用钾肥提供依据。

一、材料与方法

该试验包括两部分。第一部分是在辽西地区中等肥力的坡地棕壤上进行的。主要研究了土壤供钾的季节性变化和玉米钾阶段营养。春播时耕层土壤速效钾(K)含量为128mg/kg,缓效钾(K)含量为796mg/kg。供试玉米品种为掖单13。田间试验设5个处理:(1)CK(不施肥,不种玉米);(2)NP(施氮磷肥,不种玉米);(3)CK/C(不施肥,种玉米);(4)NP/C(施氮磷肥,种玉米);(5)NPK/C(施氮磷钾,种玉米)。N、P_2O_5、K_2O施用量分别为12.0、6.0和6.0kg/亩,不施农肥。化肥品种为尿素、磷酸二铵和氯化钾。磷、钾肥全部做基肥,春播时一次施入,氮肥总量的1/4做基肥,3/4做追肥于大喇叭期施入。小区面积30m^2,重复3次,随机区组排列。根据玉米生育阶段,共取玉米地上部植株样本和耕层土壤混合样8次,分析植株含钾量和土壤速效钾含量。植株钾用火焰光度计法,土壤速效钾用1mol/L NH_4OAC浸提,火焰光度计法测定。

第二部分主要研究钾肥适宜施用时期。田间试验分别在辽宁东部、辽宁中部和辽宁西部的高钾和低钾的棕壤上进行,亩施N、P_2O_5和K_2O分别为12.0、6.0和7.5kg。试验包括对照(仅施N、P肥),钾肥全部基施,基肥追肥各半、全部作追肥4个处理,其他同第一部分。

二、结果与讨论

(一)土壤钾素供应的季节性变化

就当季作物来说,尽管土壤缓效钾的及时释放、补充很重要,但是土壤速效钾起决定性的主导作用[3]。

玉米整个生育期内，耕层土壤速效钾的供应量，除NPK/C处理外，其它各处理均在抽雄期达最高值。而NPK/C处理在八叶期耕层土壤速效钾供应量达最高，而且抽雄前显著高于其他处理，之后则低于其他处理(表1)。

表 1 耕层土壤速效钾供应量的季节性变化

Table 1 Seasonal variations of available potassium supply in the top soils (k, kg/mu)

处理 Treat.	生育期 Growing Stages							
	三叶一芯 3-leaf	八叶期 8-leaf	十二叶期 12-leaf	抽雄期 Heading	吐丝期 Silking	乳熟期 Milk	蜡熟期 Dough	完熟期 Full ripe
CK	17.0	18.9	19.5	20.4	19.5	18.0	15.9	20.6
NP	20.1	20.3	23.3	23.9	23.1	19.5	17.3	19.8
CK/C	19.1	20.7	20.0	23.4	23.0	21.3	18.6	20.1
NP/C	17.6	19.8	21.3	23.0	20.3	18.5	19.1	21.3
NPK/C	25.8	33.6	30.2	24.0	21.3	17.9	14.1	17.4

玉米整个生育期内，在不种玉米的裸地条件下，施肥(NP)比不施肥(CK)处理耕层土壤速效钾供应量高。这可能是由于施入的尿素转化成的NH_4^+和二铵中的NH_4^+共同作用于土壤，将矿质晶格中的K^+置换出来的结果。而在种植玉米的情况下，生育前期(乳熟期之前)，不施肥(CK／C)耕层土壤速效钾供应量高于施肥(NP／C)处理；而在后期，NP／C与CK／C处理土壤速效钾供应量相近。这是由于生育前期，氮磷肥的施用大大促进了玉米的生长，增加了对钾素的吸收，而不施肥处理植株生长缓慢，吸钾相对较少。到后期，玉米吸钾高峰已过，耕层土壤速效钾由于缓冲作用而逐渐达到新的平衡。

在不施肥的情况下，玉米生长较弱，种玉米处理(CK／C)土壤速效钾供应量不仅没比不种玉米(CK)处理降低，反而有所提高。这一方面可能是由于玉米根系表面的饱和胶体接触含钾的土壤矿物，使非交换性钾得以释放[1]；另一方面，玉米蒸腾作用使土壤中的K^+离子随水向耕层

表 2 不同生育阶段玉米地上部钾素和干物质积累量及比例

Table 2 Accumulation and percentage of potassium and dry matter of corn top parts at each growing stages

生育阶段 Growing stage	积累量 Accumulation (kg/mu)						比例 Percentages (%)					
	钾素 Potassium			干物质 Dry Matter			钾素 Potassium			干物质 Dry Matter		
	CK/C	NP/C	NPK/C	CK/C	NP/C	NPK/C	CK/C	NP/C	NPK/C	CK/C	NP/C	NPK/C
三叶一芯3-leaf	0.02	0.02	0.03	1.0	1.1	1.1	0.3	0.3	0.3	0.1	0.1	0.1
八叶期 8-leaf	0.17	0.31	0.58	6.9	12.7	17.1	2.5	2.8	4.9	0.9	1.1	1.3
十二叶期12-leaf	1.44	2.00	3.46	55.3	87.2	117.3	20.8	17.6	29.0	6.9	7.7	8.9
抽雄期 Heading	3.30	4.83	5.93	191.1	321.0	382.6	47.7	42.4	49.6	23.7	28.4	29.0
吐丝期 Silking	4.23	5.78	6.92	343.7	487.2	525.0	61.3	50.8	57.9	42.6	34.1	39.8
乳熟期 Milk	6.23	8.34	8.60	474.6	609.7	667.8	90.0	73.3	72.0	58.8	53.9	50.5
蜡熟期 Dough	6.57	9.21	10.16	553.4	888.7	1056.8	94.9	80.9	85.0	68.5	78.6	80.2
完熟期 Mature	6.92	11.38	11.95	807.5	1130.9	1321.3	-	100.0	-	-	100.0	-

移动[2]，从而使耕层土壤速效钾相对富集。而在施用氮磷肥的情况下，在生育前期(乳熟期之前)，种玉米处理(NP／C)比不种玉米处理(NP)土壤供钾量低，而在生育后期正相反。说明施肥促进玉米生长，在前期促进了玉米对钾素的吸收，而后期玉米吸钾很少，甚至会出现钾素从根系外泌，使玉米后期土壤速效钾供应量略高于不种玉米处理。

(二)玉米钾素的阶段营养特性

1. 玉米钾素吸收与干物质积累的关系　表2结果表明，玉米地上部钾素和干物质积累量均随生育期的进展而增加。在出苗到抽雄前，玉米地上部钾素吸收积累量占全生育期钾素吸收总量的42.4%～49.6%，而干物质仅积累23.7%～29.0%，即干物质积累不到1／3，钾就积累了将近一半。说明玉米在该生育阶段钾素积累要比干物质积累快得多，玉米所需钾素主要在该阶段吸收。

在抽雄到吐丝阶段，玉米吸钾量占全生育期的22.4%～42.3%，而干物质积累了21.9%～35.1%，说明该阶段玉米地上部干物质积累与钾素吸收同时进行，相差不大；然而在乳熟到完熟阶段，干物质积累量占全生育期的41.2%～49.5%，吸收积累的钾素仅为全生育期的10.0～28.0%，将近一半的干物质在该生育阶段形成积累，而吸收的钾还不到1／3或更少。可见玉米地上部干物质主要是在该生育阶段形成积累的。到完熟期，子实占植株地上部干物重的45.3%～52.8%，光合产物最终向子实转移，而此时子实含钾总量仅占全株的5.4%～7.1%。

2. 玉米钾素的阶段营养　试验表明，干物质积累有两个高峰期。不施肥处理(CK／C)的第一个高峰在吐丝前后出现，比施肥处理(NP／C和NPK/C)的第一个高峰(十二叶至抽雄期)出现晚且低；第二个高峰，CK／C处理在蜡熟至完熟期，也比施肥处理的高峰期(乳熟至蜡熟期)晚且低。在第二个高峰期，NPK／C处理干物质积累显著地高于NP/C处理。此外，干物质积累的第二个峰值显著地高于第一个峰值，NPK／C处理表现的尤为突出(图1)。说明，施肥特别是施钾肥，对玉米生殖生长期干物质积累起着重要作用。

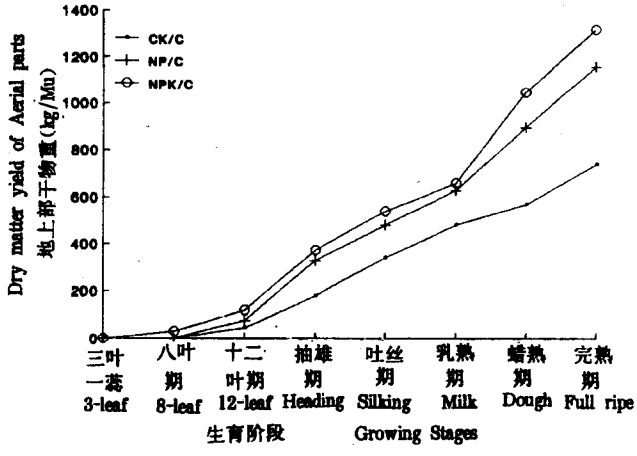

图1 不同处理各生育阶段玉米地上部分干物质积累量

Fig.1 Dry matter accumulation of corn aerial parts at vary growing stages under different treatment

玉米各生育阶段不同处理钾素积累的情况与玉米吸收钾素也有两个高峰。CK/C和NP/C处理玉米吸钾的第一个高峰出现在十二叶至抽雄期，而且NP/C比CK/C和NP/C的峰值高，这比土

壤速效钾供应高峰出现得早。而施钾肥后(NPK／C),玉米第一个高峰(八叶期到十二叶期)不仅比CK／C和NP／C处理提高,持续时间长,与土壤供钾高峰相吻合,而且比第二个峰值高,尤以NPK／C处理为明显。这与干物质积累正好相反(图2)。

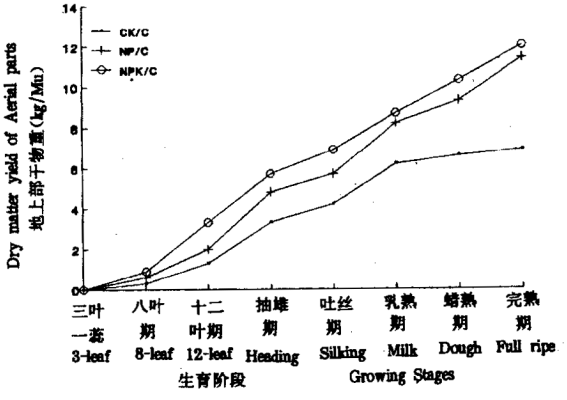

图2 不同处理各生育阶段玉米地上部分钾素吸收积累量

Fig.2 Potassium accumulation of corn aerial parts at vary growing stages under different treatment

玉米日吸收钾量的第一个高峰,各处理间差异很明显(图3)。施肥,特别是施钾肥(NPK／C)处理,极大地提高玉米吸收钾素的速度,且显著地高于第二个峰值,这与土壤供钾高峰吻合;而第二个高峰,各处理间则无明显差异。

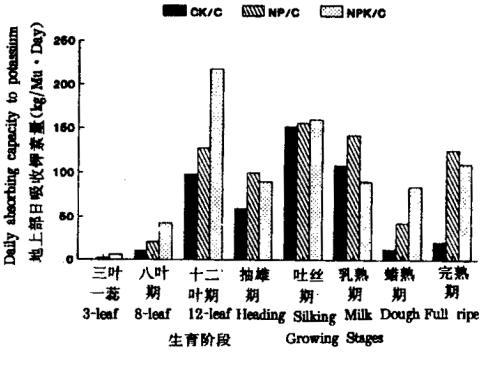

图3 不同处理各生育期玉米地上部分日吸收钾素量

Fig.3 Daily absorbing capacity to potassium of corn aerial parts at vary growing stages under different treatment

上述结果充分表明,生育前期土壤钾素供应越充足,玉米在生育前期吸钾量则多且快,保证了物质积累和子实产量的提高。因此保证玉米生育前期充足的钾素营养是高产的基础。

(三)玉米钾肥施用时期

表3结果表明,在亩施N、P_2O_5和K_2O分别为16.0、6.0和7.5公斤的情况下,无论是高钾地块还是低钾地块,钾肥均以做基肥施用增产效果最佳,追肥比例越大,钾肥增产效果越差。钾肥全部做追肥施用,玉米平均亩产仅相当于全部做基肥施用的83.8%。低钾地块施钾肥比对照玉米增产33.0%～58.5%,高钾地块施钾增产5.4%～25.6%,故钾肥应优先在低钾地块上施用。

表 3　钾肥施用方法对玉米子实产量的影响(公斤／亩)

Table 3　Effect of potash fertilization pattern on corn yield(kg/mu)

处理 Treat.	辽宁东部 East		辽宁中部 Middle		辽宁西部 West	
	低钾地块 Low K	高钾地块 High K	低钾地块 Low K	高钾地块 High K	低钾地块 Low K	高钾地块 High K
对照(NP) Check	293.2	408.2	499.2	702.0	794.1	977.6
全部基肥 Basal dressing	547.4	468.6	933.2	963.5	1039.1	1190.3
一半追肥 1/2topdressing	518.1	468.2	865.0	895.9	917.5	1112.4
全部追肥 Topdressing	498.5	433.4	775.7	753.7	835.5	1054.2

参 考 文 献

1　袁可能，1983：植物营养元素的土壤化学。科学出版社，15～29，166～211 。

2　戴俊英等译，1993：玉米的矿质营养和杂种优势。上海科学技术出版社，1～112。

3　谢建昌等，1989：不同土壤的供钾潜力和当前土壤钾素平衡状况。国际平衡施肥学术讨论会论文集，农业出版社。