

农业科技參考資料(十四)

伪 滿 时 期

高粱施肥試驗資料

吉林省农业科学院科学技术情报研究室

一九六四年一月

說 明

这个材料是从伪滿公主岭农事試驗場农艺化学部肥料科長“荒川 左千代”所写“高粱施肥に关する研究”手稿中摘譯的。原作者在伪滿末期对高粱施肥进行了若干試驗，日本投降后編写成研究报告（未发表）。报告的篇幅很長，文字也繁冗，我們着重摘譯其中的試驗数据，供有关專业人員参考。文中有个別数字可能有問題，但因无法核对，只好照样譯出，請讀者注意。

譯文承本院土壤肥料研究所陈禹章、尹煦昌、宋寿悌諸同志审閱。

目 次

第一章 前言	(1)
第二章 試驗方法概要	(1)
第三章 盆栽試驗中栽植株数对高粱生育、产量及收获物化学成分的影响	(3)
第一节 試驗方法.....	(3)
第二节 栽植株数与高粱生育、产量的关系.....	(3)
第三节 栽植株数与高粱收获物中化学成分含量的关系.....	(5)
第四节 小結.....	(7)
第四章 肥料三要素对高粱生育、产量及收获物中化学成分的影响	(8)
第一节 引言.....	(8)
第二节 試驗方法.....	(10)
第三节 肥料三要素与高粱生育、产量的关系.....	(11)
第四节 肥料三要素与高粱收获物中化学成分含量的关系.....	(13)
第五节 小結.....	(14)
第五章 肥料三要素的施用量对高粱生育、产量及收获物中化学成分的影响	(15)
第一节 試驗方法.....	(15)
第二节 氮素施用量与高粱生育、产量的关系.....	(15)
第三节 氮素施用量与高粱收获物中化学成分含量的关系.....	(19)
第四节 小結.....	(22)
第五节 磷酸施用量与高粱生育、产量的关系.....	(23)
第六节 磷酸施用量与高粱收获物中化学成分含量的关系.....	(25)
第七节 小結.....	(26)
第八节 鉀施用量与高粱生育、产量的关系.....	(26)
第九节 鉀施用量与高粱收获物中化学成分含量的关系.....	(28)
第十节 小結.....	(29)
第六章 高粱施用化学肥料的增产率及利用率	(29)
第一节 試驗方法.....	(29)
第二节 氮肥种类与高粱生育、产量的关系.....	(30)
第三节 氮肥种类与高粱收获物中氮素含量的关系.....	(33)
第四节 氮素肥料的肥效系数.....	(34)
第五节 氮肥种类对土壤反应的影响.....	(35)
第六节 小結.....	(35)
第七节 磷酸肥料种类与高粱生育、产量的关系.....	(36)
第八节 磷肥种类与高粱收获物中磷酸含量的关系.....	(37)

第九节	磷酸肥料的肥效系数	(38)
第十节	小結	(38)
第七章	高粱施用土粪及大粪干的增产率及利用率	(39)
第一节	試驗方法	(39)
第二节	土粪及大粪干与高粱生育、产量的关系	(40)
第三节	土粪及大粪干与高粱收获物中化学成分含量的关系	(42)
第四节	土粪及大粪干的肥效系数	(43)
第五节	小結	(43)
第八章	高粱提早出穗、开花及成熟与肥料三要素吸收的关系	(44)
第一节	試驗方法	(44)
第二节	高粱提早出穗、开花及成熟与氮素吸收的关系	(44)
第三节	田間試驗中高粱提早出穗、开花及成熟与氮素吸收的关系	(47)
第四节	小結	(49)
第九章	高粱生育过程中氮素的吸收及变化	(50)
第一节	試驗方法	(50)
第二节	高粱生育过程中氮素的变化	(50)
第三节	小結	(52)
第十章	高粱田土壤中的硝酸盐含量及其消長	(52)
第一节	試驗方法	(52)
第二节	試驗結果	(53)
第三节	小結	(58)
第十一章	土壤反应对高粱生育及产量的影响	(59)
第一节	試驗方法	(59)
第二节	試驗結果	(59)
第三节	小結	(60)
第十二章	摘要及結論	(61)

高粱施肥的研究

荒川左千代 著

第一章 前 言

高粱的耐旱性及耐碱性较强，对于东北地区的气候、土壤条件甚为适应。但高粱是深根作物，消耗地力较多。据作者试验及观察的结果，高粱在施肥的条件下，特别是在加施氮肥的条件下，其节间变短，茎秆变粗，而且提早出穗、开花、成熟，子实产量也显著增加。在无霜期短的东北地区，这是很值得重视的现象。就一般作物说来，在增施氮肥的条件下，茎秆变长，出穗、开花及成熟延迟。高粱上出现的现象是在其它作物上很少见的。

东北农民栽培高粱的方法大体是：南部地区使用“犁杖”实行翻种（也称“扣种”），中、北部地区使用“耢耙”实行耢种。据作者的推算，伪满时期高粱翻种的面积约占高粱栽培面积的46%，耢种的面积约占54%。翻种时施肥，耢种时多半不施肥。高粱施肥多半施用土粪，每公顷施肥量7.5—20吨。伪满末期以辽宁省盖平县为中心的地区曾施用硫酸，其施肥方法大体有两种：一种是在高粱播种时将硫酸与土粪混合作为基肥施用；另一种是在高粱株高20—30厘米时，在高粱株间挖一小孔随后放一手把硫酸作为追肥施用，此时正当高粱的除草期，一般结合除草作业进行。中、北部地区栽培高粱不施肥的原因，可能主要是由于实行大豆——高粱——谷子轮作，在大豆茬栽培高粱，以利用大豆残留的肥力。

过去关于高粱仅仅作过少数肥料试验，而且只是调查施肥与高粱生育、产量的关系，还没有看到报道施肥与高粱收获物中化学成分含量的关系的文献。因此，作者在伪满公主岭农事试验场进行了高粱施肥试验，不仅研究了施肥与高粱生育、产量的关系，而且对高粱收获物进行了化学分析，研究了施肥与高粱收获物中化学成分含量的关系。

第二章 试验方法概要

1939年到1944年进行了田间试验；1943年为了验证过去的试验结果，作理论上的探讨，进行了盆栽试验。通常象高粱这样的高秆作物用一般的瓦格纳氏盆进行栽培试验的

先例极少，因此作者在进行高粱施肥試驗之前，为了获得盆栽試驗的基础資料，研究了盆栽試驗中栽植株数对高粱生育、产量及其化学成分含量的影响。

供試肥料种类前后有：硫酸銨、氯化銨、硝酸銨、智利硝石、尿素、大豆粕，过磷酸鈣、湯馬斯磷肥(鋼渣磷肥)、脫膠骨粉，硫酸鉀。此外还用了土糞、大糞干等农家肥料。

試驗容器用瓷制及鋅板制(搪瓷)的二十万分之一公頃的瓦格納氏盆。

供試土壤为公主嶺表土，取自多年未施肥的田块。土質为粘壤土。机械分析結果，含粗砂4.38%，細砂2.04%，微砂41.75%，粘粒51.38%。土壤中含有“鉄結核”。供試土壤的物理化学性質如第1表。

(二) 化学性質 (风干細土)

項	目	%	項	目	%
水分		4.36%	鋁		5.98%
灼燒損失量		5.37%	氧化鉄		4.34%
碳		1.43%	氧化鈣		0.16%
腐植質		2.47%	氧化錳		0.26%
全重		0.16%	鈣		1.04%
盐酸不溶物		63.47%	鎂		1.24%
盐酸不溶矿物		63.00%	鉀		0.30%
砂酸全量		13.11%	鈉		0.41%
磷		0.13%	代換酸度 (V ₃)		1.08
硫		0.05%	加水酸度 (V ₁)		9.44
粘粒中硫酸可溶性	砂酸	3.79%	pH 值	水浸	6.5
	氧化鉄	1.03%		盐浸	6.1
	氧化鋁	1.75%	SiO ₂ /Al ₂ O ₃		3.8
氮吸收量		480毫克	SiO ₂ /R ₂ O ₃		2.6
磷酸吸收量		1164毫克	Fe ₂ O ₃ /Al ₂ O ₃		0.5
碳氮率		8.9	BaSe/Al ₂ O ₃		1.0
1/5 規定盐酸可溶性	鉀	0.026			
	磷酸	0.013			
	石灰	0.690			

注：分析方法根据日本“农艺化学分析书”記載的方法。“加水酸度”为日人測定土壤酸度的一种方法。

每盆按照常法填充供試土壤12—13公斤。在播种前施入肥料，与盆內上半部土壤充分混合。唯有施用石灰氮时是在播种前二周施入盆內，并与全盆土壤充分混合。各試驗

第 1 表 供試土壤的物理化学性質

(一) 物理性質 (风干細土)

項	目	疏松状态	緊密状态
水分 (%)		4.36	
比重		2.680	
容積比重		0.991	1.128
100 毫升土壤的重量 (克)		103.62	119.14
100 克土壤在水中所占的容積 (毫升)		115.6	
在水中 100 毫升土壤的重量 (克)		86.5	
容水量	重量%	58.4	48.5
	容積%	57.9	54.7
土壤的孔隙 (容積%)		63.0	57.9
最大通气性		58.5	52.8
最小通气性		5.1	3.2
水分上升 10 厘米高度所需要時間 (分)		6	21

区重复1—2次。

灌水方法，在施肥后的短期內由側管进行灌水，使土壤水分达到最大容水量的65%左右，从高粱出苗以后则采用土壤表面灌水的方法。原因是考虑到土壤水分蒸发很旺盛，由側管灌水可能引起表层土壤溶液浓度过高，影响高粱的生育。但从土壤表面进行灌水容易造成盆内表土板结，需经常进行中耕，以疏松土壤。

播种用种子经过粒选，并用“王铜”拌种消毒。每盆播种25—30粒，复土厚度约一厘米左右。出苗后进行三次间苗，最后每盆留苗3株。在生育期间随时进行中耕除草，七月下旬架设支柱。

供试的高粱品种是“老母猪不抬头”。采用矮秆品种的原因，是考虑到高秆品种在盆栽条件下可能得不到正常的生育。主要调查项目的记载标准如下：

- (1) 株高：测定从地面到最长叶顶端的长度；
- (2) 秆长：出穗后测定从地面到穗下节间的长度；
- (3) 穗柄长：测定由茎秆最上位节到穗首的长度；
- (4) 叶长：在开花始期，测定最上位叶到第五位叶的总长度；
- (5) 叶宽：对已经测定叶长的叶，测定其中央部的宽度；
- (6) 叶面积：对已经测定叶长的叶，用“间接法”算出叶表面的面积；
- (7) 茎秆直径：测定上部、中部及下部节间中央的直径，求出其平均数。

第三章 盆栽试验中栽植株数对高粱生育、产量及收获物化学成分的影响

第一节 试验方法

按照常法（参考第二章）在1943年5月10日施肥，5月12日播种，每盆播种高粱30粒。供试肥料中硫酸含氮20.56%，过磷酸钙含磷酸20.53%，硫酸钾含钾48.53%。每盆施用氮、磷、钾成分量各1克。

在5月26日、6月2日、6月8日进行三次间苗。8月23日收获。

第二节 栽植株数与高粱生育、产量的关系

(一) 栽植株数与高粱的生育

各区的出苗情况几无差异，均在5月18—20日出齐苗。六月上旬以前各区之间叶色及生育情况亦无差异，但六月中下旬以后1—2株区叶色表现浓绿，3株区生育亦良好，4—5株区生育稍不整齐，6株以上各区生育不齐，茎秆直径缩小。7月2日观察，6株以下各区已达孕穗区，但8—10株区生育很不一致。7月12日各区叶面均出现红色斑点，但对生育尚无影响。8月2日3株以下各区叶色仍浓绿，但4株以上各区呈

淡綠色，特別是8—10株区叶色很淡。出穗期及开花期随着栽植株数的增加而逐渐延迟，成熟期也随着变晚。生育調查結果如第2—4表。

第2表 盆栽試驗中栽植株数与高粱生育的关系

每盆栽植株数	株高 (厘米)		株高比率	稈 长 (厘米)	稈 长 比 率	穗柄长 (厘米)	穗柄长 比 率	穗 长 (厘米)	穗 长 比 率
	6月18日	7月10日							
1	68.5	145.0	100	154.8	100	53.5	100	19.5	100
2	70.5	150.8	104	164.0	106	54.8	102	18.3	94
3	71.5	147.8	102	166.2	107	54.4	102	17.3	89
4	63.1	147.1	101	169.0	109	54.0	101	17.1	88
5	61.2	147.7	102	165.7	107	55.5	104	15.9	82
6	56.3	142.2	98	162.3	105	52.8	99	15.7	81
8	59.4	122.2	84	157.6	102	50.1	94	15.4	79
10	56.5	120.2	83	150.6	97	46.8	87	15.0	77

注：株高比率是根据7月10日調查的結果，稈长是在7月20日調查。

第3表 栽植株数与高粱叶面积及莖稈直径的关系

每盆栽植株数	叶 长 (厘米)	叶 宽 (厘米)	叶 面 积 (平方厘米)	叶 面 积 比 率	莖稈直径 (厘米)	莖稈直径比率
1	54.3	6.5	302.9	100	1.05	100
2	55.4	6.3	299.5	99	0.94	90
3	55.5	5.4	257.2	85	0.79	75
4	50.2	4.6	198.2	65	0.72	69
5	50.8	4.6	200.5	66	0.63	60
6	48.8	3.9	163.3	54	0.61	58
8	51.1	3.7	161.4	53	0.53	50
10	48.8	3.5	146.6	48	0.49	47

第4表 栽植株数与高粱出穗期、开花期及成熟期的关系

每盆栽植株数	出 穗			开 花			成熟期	日 数		
	始	期	終	始	期	終		出穗始	开花始	生育日数
1	7.4	7.4	7.4	7.9	7.12	7.14	8.8	53	58	88
2	7.4	7.4	7.4	7.9	7.12	7.14	8.8	53	58	88
3	7.4	7.5	7.6	7.10	7.12	7.14	8.10	53	60	90
4	7.5	7.5	7.6	7.11	7.13	7.15	8.11	54	61	91
5	7.6	7.7	7.8	7.11	7.14	7.15	8.12	55	61	92
6	7.6	7.6	7.8	7.11	7.13	7.15	8.12	55	61	92
8	7.6	7.8	7.11	7.13	7.14	7.16	8.12	55	63	92
10	7.7	7.8	7.11	7.13	7.14	7.16	8.15	56	63	95

(二) 栽植株数与高粱的产量

第 5 表 栽植株数与高粱产量的关系

每盆栽植株数	每盆产量 (克)				子实产量比率	单株产量 (克)				子实千粒重 (克)	千粒重比率
	子实	茎叶	地上部計	根		子实	茎叶	地上部計	根		
1	49.2	100.1	149.3	26.2	100	49.2	100.1	149.3	26.2	24.1	100
2	69.4	140.4	209.8	29.5	141	34.7	70.2	104.9	14.8	21.1	87
3	71.0	147.8	218.8	26.7	144	23.7	49.3	73.0	8.9	20.6	86
4	70.3	163.5	233.8	23.9	143	17.6	40.9	58.5	6.0	19.5	80
5	72.3	163.0	235.8	21.9	147	14.5	32.6	47.1	4.4	20.9	86
6	70.5	182.0	252.5	20.4	143	11.8	30.3	42.1	3.4	15.9	66
8	69.5	192.0	261.5	21.0	141	8.7	24.0	32.7	2.6	15.4	64
10	81.3	208.7	290.0	20.6	165	8.1	20.9	29.0	2.1	18.5	77

根据上述試驗結果分析，在本試驗的施肥量的条件下，每盆的栽植株数似以 3 株左右为宜。

第 6 表 栽植株数与收获物干重的关系

每盆栽植株数	每盆收获物的干重 (克)				干物重比率			子实与茎叶的比率 (以茎叶为 100)	单株收获物的干重 (克)			
	子实	茎叶	根	計	子实	茎叶	根		子实	茎叶	根	計
1	43.1	89.4	23.5	156.0	28	57	15	48	43.1	89.4	23.5	156.0
2	60.9	127.8	26.0	214.7	28	60	12	48	30.5	63.9	13.0	107.4
3	62.4	134.2	23.4	220.0	28	61	11	44	20.8	44.7	7.8	73.3
4	62.5	148.6	21.6	232.7	27	64	9	42	15.6	37.2	5.4	58.2
5	63.3	147.7	19.8	230.8	27	64	9	43	12.7	29.5	4.0	46.2
6	61.8	165.7	17.9	245.4	25	68	7	37	10.3	27.6	3.0	40.9
8	61.0	172.5	18.6	252.1	24	68	8	35	7.6	21.6	2.3	31.5
10	71.4	188.2	18.4	278.0	26	68	6	38	7.1	18.8	1.8	27.7
平均	—	—	—	—	27	64	9	42	—	—	—	—

第三节 栽植株数与高粱收获物中化学成分含量的关系

(一) 栽植株数与高粱收获物中的三要素含量

第 7 表 高粱收获物中三要素含量的分析結果

每盆栽植株数	子实中含量 (%)			茎叶中含量 (%)			根中含量 (%)			全植株中含量 (%)		
	氮	磷	钾	氮	磷	钾	氮	磷	钾	氮	磷	钾
1	2.22	0.95	0.51	1.04	0.26	1.66	0.99	0.27	0.83	1.36	0.45	1.22
2	1.89	0.88	0.60	0.65	0.16	1.48	0.86	0.26	0.80	1.03	0.37	1.15
3	2.26	0.87	0.58	0.76	0.15	1.37	1.00	0.29	0.88	1.21	0.37	1.09
4	2.01	0.85	0.62	0.74	0.15	1.24	0.83	0.19	0.72	1.10	0.34	1.03
5	1.87	0.83	0.63	0.73	0.16	1.19	0.91	0.18	0.76	1.08	0.34	1.00
6	1.67	0.81	0.62	0.71	0.15	1.15	0.93	0.17	0.72	1.03	0.32	0.99
8	1.61	0.80	0.67	0.61	0.14	1.10	0.96	0.16	0.60	1.05	0.30	0.96
10	1.66	0.82	0.69	0.74	0.12	1.02	1.03	0.18	0.37	0.99	0.30	0.89

(二) 三要素的吸收量、分布及各要素的干物质产量

第 8 表 三要素的吸收量、分布及各要素的干物质产量

每盆栽植株数		1	2	3	4	5	6	8	10	平均
三要素吸收量 (毫克)	氮	2,124	2,206	2,660	2,549	2,492	2,525	2,650	2,743	—
	磷	70.3	80.4	81.9	79.3	79.1	77.8	75.9	84.6	—
	钾	1,899	2,464	2,407	2,387	2,307	2,418	2,418	2,481	—
三要素吸收量比率 (以氮为 100)	磷	3.3	3.6	3.1	3.1	3.2	3.1	2.9	3.1	3.2
	钾	8.9	11.2	9.0	8.4	9.3	9.6	9.1	9.0	9.3
	子实	4.5	5.2	5.3	4.9	4.9	4.1	3.8	4.2	4.6
氮的分布比率	茎叶	4.4	3.8	3.8	4.4	4.3	5.3	4.0	5.1	4.4
	根	1.1	1.0	0.9	0.7	0.8	0.6	1.2	0.7	1.0
	子实	5.8	6.7	6.6	6.7	6.7	6.3	6.4	7.0	6.5
磷的分布比率	茎叶	3.3	2.5	2.5	2.8	2.9	3.2	3.2	2.6	2.9
	根	0.9	0.8	0.9	0.5	0.4	0.5	0.4	0.4	0.6
	子实	1.2	1.5	1.5	1.6	1.7	1.6	1.7	2.0	1.6
钾的分布比率	茎叶	7.9	7.7	7.6	7.7	7.6	7.9	7.8	7.7	7.7
	根	0.9	0.8	0.9	0.7	0.7	0.5	0.5	0.3	0.7
	子实	1.2	1.5	1.5	1.6	1.7	1.6	1.7	2.0	1.6
每克要素干物质产量 (克)	氮	7.3	9.7	8.3	9.1	9.3	9.7	9.5	10.1	9.1
	磷	2.22	2.67	2.69	2.93	2.92	3.15	3.32	3.29	2.90
	钾	8.2	8.7	9.1	9.7	10.0	10.1	10.4	11.2	9.7

注: 三要素吸收量是按每一盆计算的。

一般说来, 氮在子实及茎叶中分布最多, 磷在子实中分布最多, 钾在茎叶中分布最多。

一克要素的干物质产量, 氮为 7.3—10.1 克, 平均 9.1 克; 磷酸为 2.22—3.32 克, 平均 2.90 克; 钾为 8.2—11.2 克, 平均 9.7 克, 大体上是随着栽植株数的增加而增多, 特别是磷、钾两要素这种趋势较为明显。

(三) 栽植株数与高粱收获物中的石灰含量

第 9 表 栽植株数与高粱收获物中石灰含量的关系

每盆栽植株数	石灰含量 (%)				石灰吸收量 (毫克)	石灰吸收量比率		石灰的分布		
	子实	茎叶	根	全植株		以氮为 100	以钾为 100	子实	茎叶	根
1	0.04	0.62	0.38	0.42	655	31	41	1	85	14
2	0.03	0.58	0.44	0.41	880	40	42	2	85	13
3	0.03	0.69	0.41	0.47	1,040	39	53	1	89	10
4	0.03	0.64	0.38	0.45	1,052	41	54	1	91	8
5	0.03	0.77	0.45	0.54	1,245	57	66	2	91	7
6	0.03	0.76	0.44	0.55	1,341	53	68	1	94	5
8	0.03	0.79	0.39	0.58	1,454	56	60	1	94	5
10	0.04	0.58	0.39	0.43	1,191	43	49	3	91	5
平均	—	—	—	—	—	45	54	2	90	8

注: 石灰吸收量是按每一盆算出的。

第四节 小 结

(一) 用公主嶺表土，以盆栽方法，进行了高粱的栽植株数試驗，調查了高粱的生育及产量，分析了收获物中的化学成分含量，明确了栽植株数与收获物养分含量的关系。

(二) 高粱生育期間每盆 1—3 株区叶色表現濃綠，4 株以上各区叶色呈現淡綠，特别是 8—10 株区叶色很淡。

(三) 高粱的稈長及穗柄長随着每盆栽植株数的增加，在一定限度內有增長的趋势，但株高、穗長、叶面积及莖稈直徑等有随着栽植株数的增加而减少的趋势。

(四) 高粱的出穗期、开花期及成熟期随着每盆栽植株数的增加而表現逐渐延迟。

(五) 每盆的子实产量在 2—8 株区无大差别，1 株区的子实产量显然减少，10 株区稍稍增多。每盆的干物质产量随着栽植株数增加而增多。

(六) 子实与莖叶的比率，随着栽植株数的增加，子实比率逐渐减少。

(七) 随着栽植株数的增加，單株的干物质产量逐渐减少，与 1 株区比較，2 株区約减少 30%；3 株区約减少 50%；4 株以上各区减少 60% 以上。

(八) 子实、莖叶及根的干重比率，在 3—5 株区之間无大差异，在 5 株以上各区子实及根所占的比率减少，莖叶所占的比率增大。

(九) 随着每盆栽植株数的增加，高粱收获物中氮、磷、鉀的含量(%)有减少的趋势，但吸收量有漸增的趋势。此时，高粱的产量与三要素含量之間大体呈負相关。但石灰含量有逐漸增多的趋势。

(十) 收获物中氮、磷、鉀的吸收量比率：如以氮为 100，則磷酸为 29—36，鉀为 84—112，石灰为 31—57；如以鉀为 100，則石灰的比率为 41—68。

(十一) 一克要素的干物质产量，氮为 73—101 克，平均 91 克，磷酸为 222—332 克，平均 290 克，鉀为 82—112 克，平均 97 克。

(十二) 栽植株数与收获物中氮、磷、鉀、石灰分布的关系，氮的分布在子实及莖叶中平均占 45%，磷酸的分布在子实中平均占 65%，鉀的分布在莖叶中平均占 77%，石灰的分布在莖叶中平均占 90%。

(十三) 根据上述試驗結果認為，用二十万分之一公頃的盆以矮稈品种进行高粱盆栽試驗，每盆的栽植株数以 3 株左右为宜。

第四章 肥料三要素对高粱生育、产量 及收获物中化学成分的影响

第一节 引 言

在东北地区关于高粱的肥料三要素试验，早在1908年“奉天省农业试验场”（场址沈阳市）曾开始进行，由其试验结果可以看出，沈阳附近土壤中三要素含量比较丰富，土壤颇为肥沃，但有效氮含量较少。

1913年公主岭和熊岳城两农事试验场建立后，也曾进行高粱的肥料三要素试验，其主要试验结果如下。

（一）公主岭农事试验场“种艺科”的试验结果

（1914、1916—1918，四年平均结果，田间试验）

试 验 区	出 苗 期 (月、日)	出 穗 期 (月、日)	成 熟 期 (月、日)	每公顷产量(公 斤)		子 实 产 量 比 率
				子 实 重	茎 稈 重	
无 肥 区	6. 5	8. 14	9. 24	2,630	7,170	84
无 氮 区	6. 5	8. 12	9. 24	2,750	7,173	83
无 磷 区	6. 5	8. 10	9. 24	2,931	7,481	94
无 钾 区	6. 5	8. 5	9. 24	3,125	7,612	100
三 要 素 区	6. 5	8. 6	9. 24	3,130	7,527	100

注：品种为长春3号，每公顷施肥量氮、磷、钾各75.6公斤，施用硫酸、过石及磷酸钾。

（二）公主岭农事试验场“农艺化学科”的试验结果

（1920—1923，四年平均结果，盆栽试验）

试 验 区	出 苗 期 (月、日)	出 穗 期 (月、日)	成 熟 期 (月、日)	稈 长 (厘米)	穗 长 (厘米)	每盆产量(克)		子实产量 比 率
						子 实	茎 稈	
无 肥 区	5. 20	8. 4	9. 27	189.6	21.0	86.0	130.2	58
氮肥单用区	5. 20	7. 30	9. 28	203.0	23.6	117.7	170.9	79
磷肥单用区	5. 20	8. 3	9. 28	197.2	21.5	113.0	155.8	76
钾肥单用区	5. 20	8. 5	9. 29	197.7	21.2	103.4	139.1	70
无 氮 区	5. 20	8. 2	9. 30	188.2	21.7	99.3	139.7	67
无 磷 区	5. 23	7. 30	9. 29	198.3	23.8	132.7	174.8	90
无 钾 区	5. 21	7. 29	9. 27	196.6	23.4	132.3	195.9	89
三 要 素 区	5. 20	7. 26	9. 27	207.1	25.5	148.2	204.4	100

注：盆栽是用大型无底水泥筒，品种为红棒子，每盆施肥量氮4.5克，磷1.5克，钾4.5克，分别用硫酸、过石及磷酸钾。

由上列试验结果可以看出，在公主岭农事试验场用不同品种的高粱，施用氮肥均得到提早出穗及增加子实产量的效果。这种现象在各肥料要素单用区更为明显。

(三) 熊岳城農事試驗場“種藝科”的試驗結果

(1939、1941, 兩年平均結果, 田間試驗)

試 驗 區	出 穗 期 (月、日)	每公頃子實產量 (公 斤)	產 量 比 率
无 肥 區	8. 5	2,172	80
无 氮 區	8. 5	2,175	80
无 磷 區	7. 30	2,987	110
无 鉀 區	7. 28	2,779	102
三 要 素 區	7. 28	2,724	100

注：品種小黃穗，每公頃施肥量氮，磷，鉀各80公斤，分別用硫酸，過石及磷酸鉀。

(四) 公主嶺農事試驗場“農藝化學科”的試驗結果

(1942年, 田間試驗)

試 驗 區	株 高 (厘米)	稈 長 (厘米)	出 穗 期 (月、日)	成 熟 期 (月、日)	每公頃產量 (公斤)		子實產量 比 率	千 粒 重 (克)
					子 實	莖 稈		
无 肥 區	60.2	233.9	7. 22	9. 11	2,837	7,764	87	23.0
氮肥單用區	61.8	232.7	7. 19	9. 6	3,095	8,660	95	23.5
磷肥單用區	62.7	231.2	7. 22	9. 7	2,976	8,580	91	22.5
鉀肥單用區	63.7	236.7	7. 22	9. 10	2,858	9,231	87	22.3
无 氮 區	61.9	254.6	7. 21	9. 11	2,919	8,428	89	22.5
无 磷 區	63.4	241.0	7. 19	9. 7	3,274	9,172	100	24.5
无 鉀 區	64.9	211.0	7. 17	9. 5	3,178	8,148	97	24.0
三 要 素 區	67.3	210.0	7. 16	9. 3	3,269	9,482	100	25.8

注：品種為黑穗雙心牛，每公頃施肥量氮40公斤，磷25公斤，鉀20公斤，分別用硫酸，過石及磷酸鉀。

(五) 沈陽“肥料試驗園”的試驗結果

(1941—1942年, 兩年平均結果, 田間試驗)

試驗 地點 (品種)	試 驗 區	出苗期 (月、日)	出 穗 (月、日)			成 熟 期 (月、日)	株 高 (厘米)	稈 長 (厘米)	每公頃產量 (公斤)		子實 產量 比率	子實— 公升重 (克)
			始	期	終				子 實	莖 稈		
公主嶺 (黑穗 雙 心 牛)	无肥區	5. 25	8. 5	8. 8	8. 10	9. 29	27.1	251.2	2,508	6,863	77	664
	无氮區	5. 25	8. 3	8. 7	8. 9	9. 28	36.3	254.7	2,847	8,163	87	689
	无磷區	5. 26	8. 3	8. 5	8. 9	9. 21	30.6	247.4	2,834	8,222	87	691
	无鉀區	5. 25	7. 23	7. 25	7. 29	9. 18	47.5	238.1	3,346	9,169	102	718
	三要素區	5. 26	7. 23	7. 25	7. 29	9. 17	50.1	238.0	3,271	8,955	100	719
沈 陽 (黑穗 雙 心 牛)	无肥區	5. 20	8. 6	8. 8	8. 13	9. 20	37.0	269.7	2,279	8,808	65	708
	无氮區	5. 20	8. 3	8. 7	8. 10	9. 17	35.6	263.0	2,285	9,282	66	715
	无磷區	5. 19	7. 29	8. 1	8. 5	9. 15	41.4	258.2	3,437	10,074	99	723
	无鉀區	5. 19	7. 30	7. 31	8. 5	9. 14	45.5	249.9	3,372	10,215	97	719
	三要素區	5. 20	7. 28	7. 29	8. 3	9. 11	49.9	248.5	3,488	10,573	100	722

試驗地点 (品种)	試驗区	出苗期 (月、日)	出 穗 (月、日)			成熟期 (月、日)	株 高 (厘米)	稈 长 (厘米)	每公頃产量 (公斤)		子实 产量 比率	子实一 公升重 (克)
			始	期	終				子 实	稈 稈		
熊岳城 (小黄 穗)	无肥区	5. 18	8. 5	8. 7	8. 9	9. 23	49.3	264.5	1,993	6,998	74	732
	无氮区	5. 20	8. 5	8. 7	8. 8	9. 23	47.6	273.6	2,185	7,443	81	732
	无磷区	5. 21	7. 30	8. 1	8. 4	9. 23	61.3	245.2	2,801	9,840	104	728
	无钾区	5. 21	7. 29	8. 1	8. 4	9. 20	67.1	229.5	2,782	9,521	103	728
	三要素区	5. 21	7. 30	8. 2	8. 5	9. 20	71.0	239.0	2,689	8,886	100	728
錦 州 (牛心 棒子)	无肥区	5. 20	8. 6	8. 8	8. 10	9. 23	52.3	277.5	2,216	5,590	57	698
	无氮区	5. 20	8. 6	8. 7	8. 9	9. 22	54.9	276.8	2,378	6,049	61	692
	无磷区	5. 20	7. 31	8. 2	8. 4	9. 19	61.5	272.2	3,702	7,100	95	707
	无钾区	5. 20	7. 28	7. 30	8. 3	9. 18	66.4	264.6	3,850	7,385	99	709
	三要素区	5. 20	7. 28	7. 30	8. 1	9. 18	65.8	271.0	3,905	7,438	100	708
吉 林 (紅棒 子)	无肥区	5. 28	7. 30	8. 2	8. 4	9. 17	34.2	216.8	2,585	5,570	61	737
	无氮区	5. 28	7. 29	8. 1	8. 2	9. 15	37.0	221.1	2,734	5,944	64	742
	无磷区	5. 28	7. 26	7. 28	7. 30	9. 13	37.3	214.4	4,189	8,125	98	750
	无钾区	5. 28	7. 23	7. 25	7. 27	9. 13	44.9	219.4	4,221	8,199	99	752
	三要素区	5. 28	7. 23	7. 25	7. 28	9. 13	44.5	214.0	4,272	8,221	100	750

注：每公頃施肥量氮、磷、钾各40公斤，分別用硫酸、过石及硫酸钾。株高为夏至时調查的結果，稈长为成熟期調查的結果。本試驗中生育期調查的記載标准为：出苗期：全区出苗40—50%的时期。出穗始，穗尖抽出叶鞘即视为出穗，全区有30%出穗算作出穗始。出穗期：全区有40—50%出穗。出穗終：全区已有80—90%出穗。开花始：每个穗上有一个花开放即视为該穗已开花，全区有30%的穗已开花算作开花始。开花期：全区已有40—50%的穗开花。开花終：全区已有80—90%穗开花。成熟期：成熟后最宜收割的时期。

上列試驗結果是在熊岳城試驗場、公主嶺試驗場及东北中部、南部五个“肥料試驗園”得出的，虽然各地的播种期、品种、土壤及其它各种条件不同，但施肥对高粱的影响都比較显著，三要素区比无肥区出穗期提早5—13天，成熟期提早3—12天，而且子实产量也显著增加。特別值得注意的是株高和稈长之間出現很有趣的关系，生育初期无肥区的株高比三要素区矮，生育后期的稈长則相反，无肥区的稈长比三要素区的稈长增大。此外，从子实的一公升重量来看，施肥区特别是施用氮肥的各区均比无肥区的重量增加。

再从肥料要素的种类来看，均以氮的影响最大，磷次之，钾的影响很小。但其中有地点也可以看出磷对高粱的生育、产量有相当的影响。

第二节 試驗 方 法

作者所进行的試驗是用盆栽方法，依常法在1944年5月10日施肥，5月14日播种，每盆播种高粱种子25粒。肥料种类为硫酸（含氮20.76%）、过石（含水溶性磷酸18.79%）及硫酸钾（含水溶性钾48.53%）。

試驗区分为八区，即：无肥区，氮肥單用区，磷肥單用区，钾肥單用区，无氮区，无磷区，无钾区及三要素区。重复兩次。每盆施肥量氮、磷、钾各2克。間苗三次，6月20日最后一次間苗时，每盆留苗3株。生育期間調查了株高、叶面积等生育情况。成熟后

按成熟先后依次收割，风干后测定穗柄长、穗长及茎秆直径等，并计算产量。然后对收获物进行水分、氮、磷、钾及石灰的定量分析。

第三节 肥料三要素与高粱生育、产量的关系

(一) 肥料三要素与高粱的生育

各试验区的出苗期为5月22—24日，要素单用区有出苗延迟的趋势。在生育过程中对叶色及生育情况进行了观察，据6月16日观察结果，无磷区及氮肥单用区叶色表现特别浓绿，而无氮区及磷肥单用区最下部接近地面的叶鞘上出现花青素（Anthocyan），呈深红色。在无肥区、无钾区及三要素区并没有出现这种现象。安田曾报导，花青素是在植物体内碳水化合物充足同时受强光、低温及水分不足的影响而产生的，在碱性条件下呈青蓝色，在酸性条件下呈红色。从本试验的情况看来，花青素可能是在高粱生育上氮素不足而碳水化合物比较丰富的条件下产生的。

生育调查结果如第10—12表。

第10表 肥料三要素与高粱生育的关系

试验区	株 高 (厘米)				株 高 比 率	穗 长 (厘米)	穗 长 比 率	穗柄长 (厘米)	穗柄长 比 率	穗 长 (厘米)	穗 长 比 率
	6月7日	6月20日	7月4日	7月18日							
无 肥 区	17.2	36.2	63.4	105.9	64	153.7	136	52.6	122	14.2	83
氮肥单用区	19.8	40.7	75.1	140.5	76	151.4	134	52.3	121	17.5	102
磷肥单用区	28.1	48.2	82.0	119.4	83	149.1	132	49.9	116	13.7	80
钾肥单用区	19.3	40.4	74.2	121.4	75	147.0	130	51.2	119	14.5	85
无 氮 区	31.1	49.5	72.3	107.1	73	140.1	124	49.4	114	13.7	80
无 磷 区	20.4	42.0	72.1	136.5	73	145.0	128	52.9	122	17.6	103
无 钾 区	33.0	63.0	92.3	120.8	93	115.2	102	45.1	104	16.4	96
三要素区	31.4	66.0	99.3	121.9	100	113.0	100	43.2	100	17.1	100

注：株高比率是根据7月4日调查结果算出的，穗长是8月9日调查的结果。

第11表 肥料三要素与高粱叶面积及茎秆直径的关系

试 验 区	叶长 (厘米)	叶宽 (厘米)	叶 面 积 (平方厘米)	叶面积比率	茎秆直径 (厘米)	茎秆直径比率
无 肥 区	48.4	3.8	157.8	61	0.65	68
氮肥单用区	52.8	4.6	208.4	81	0.86	90
磷肥单用区	52.7	4.6	208.0	81	0.70	73
钾肥单用区	51.0	4.3	188.2	73	0.69	72
无 氮 区	52.4	4.5	202.4	78	0.67	70
无 磷 区	53.9	4.9	226.7	88	0.88	92
无 钾 区	56.0	5.5	264.3	102	0.98	102
三要素区	54.7	5.5	258.2	100	0.96	100

第 12 表 肥料三要素与高粱出穗期、开花期及成熟期的关系

試驗区	出穗 (月、日)			开花 (月、日)			成熟期 (月、日)	日 数		
	始	終	期	始	終	期		出穗始	开花始	生育日数
无肥区	7. 21	7. 23	7. 22	7. 24	7. 26	7. 25	8. 24	68	71	102
氮肥单用区	7. 17	7. 19	7. 18	7. 21	7. 23	7. 22	8. 20	64	68	98
磷肥单用区	7. 19	7. 21	7. 20	7. 23	7. 24	7. 24	8. 22	66	70	100
钾肥单用区	7. 20	7. 21	7. 21	7. 23	7. 24	7. 24	8. 22	67	70	100
无氮区	7. 19	7. 22	7. 21	7. 22	7. 24	7. 23	8. 22	66	69	100
无磷区	7. 17	7. 18	7. 18	7. 21	7. 22	7. 22	8. 20	64	68	98
无钾区	7. 10	7. 12	7. 11	7. 15	7. 16	7. 16	8. 13	57	62	91
三要素区	7. 9	7. 11	7. 10	7. 13	7. 15	7. 14	8. 12	56	60	90

(二) 肥料三要素与高粱的产量

第 13 表 肥料三要素与高粱产量的关系

試驗区	每盆产量(克)				子实产量比率	千粒重(克)	千粒重 比率
	子实	茎叶	地上部計	根			
无肥区	13.0	48.0	61.0	7.7	21	15.8	80
氮肥单用区	41.9	84.0	125.9	16.0	69	18.4	93
磷肥单用区	19.3	62.7	83.0	8.3	32	16.2	82
钾肥单用区	19.0	59.2	78.2	9.7	31	16.4	83
无氮区	12.4	58.2	70.4	8.0	20	15.8	80
无磷区	43.9	80.0	123.9	13.0	72	19.0	96
无钾区	60.6	80.4	141.0	17.7	100	20.0	101
三要素区	60.8	91.9	152.7	21.0	100	19.8	100

第 14 表 肥料三要素与高粱干物产量的关系

試驗区	每盆的干物产量(克)				干物重比率			子实与茎叶 的比率(以 茎叶为100)
	子实	茎叶	根	合計	子实	茎叶	根	
无肥区	11.5	43.4	6.9	61.8	19	70	11	26
氮肥单用区	37.2	75.8	14.2	127.2	29	60	11	49
磷肥单用区	17.1	55.6	7.5	80.2	21	69	10	31
钾肥单用区	16.8	52.4	8.8	78.0	22	67	11	32
无氮区	11.0	52.4	7.2	70.6	16	74	10	21
无磷区	39.0	72.0	11.6	122.6	32	59	9	54
无钾区	53.8	72.4	16.0	142.2	38	51	12	74
三要素区	54.0	81.8	19.0	154.8	34	53	13	66
平均	—	—	—	—	26	63	11	44

第四节 肥料三要素与高粱收获物中化学成分含量的关系

(一) 肥料三要素与高粱收获物中的三要素含量

第 15 表 肥料三要素与高粱收获物中三要素含量的关系

試驗区	子实中含量 (%)			茎叶中含量 (%)			根中含量 (%)			全植株中含量 (%)		
	氮	磷	钾	氮	磷	钾	氮	磷	钾	氮	磷	钾
无肥区	1.61	0.79	0.57	0.55	0.08	1.30	0.61	0.14	0.53	0.75	0.23	1.08
氮肥单用区	2.05	0.55	0.53	0.81	0.09	1.47	1.00	0.09	0.79	1.19	0.22	1.12
磷肥单用区	1.44	0.96	0.67	0.52	0.18	1.04	0.70	0.13	1.14	0.73	0.34	0.97
钾肥单用区	1.43	0.87	0.70	0.54	0.10	1.15	0.62	0.12	1.32	0.74	0.27	1.07
无氮区	1.39	0.91	0.64	0.54	0.10	1.08	0.63	0.16	1.27	0.68	0.23	1.03
无磷区	1.95	0.56	0.53	0.78	0.08	1.59	0.77	0.14	1.68	1.15	0.24	1.26
无钾区	1.98	0.79	0.63	0.74	0.08	1.02	0.76	0.16	0.64	1.21	0.36	0.82
三要素区	1.63	0.86	0.63	0.73	0.11	1.48	0.70	0.15	1.66	1.04	0.38	1.21

(二) 三要素的吸收量、分布及各要素的干物产量

第 16 表 三要素吸收量、分布及各要素的干物质产量

試驗区		无肥区	氮肥单用区	磷肥单用区	钾肥单用区	无氮区	无磷区	无钾区	三要素区	平均
三要素吸收量 (毫克)	氮	466	1,518	588	578	481	1,412	1,723	1,610	—
	磷	140	286	274	209	164	292	509	583	—
	钾	666	1,423	779	837	727	1,547	1,173	1,866	—
吸收量比率 (以氮为100)	磷	30	19	47	36	34	21	29	36	—
	钾	144	94	132	145	151	122	68	116	—
	子实	40	50	42	42	32	54	62	55	47
氮的分布	茎叶	51	40	49	49	59	40	31	37	45
	根	9	10	9	9	9	6	7	8	8
	子实	65	72	60	70	61	75	83	80	71
磷的分布	茎叶	28	24	36	25	32	20	11	15	24
	根	7	4	4	5	7	5	6	5	5
	子实	10	14	15	14	10	13	28	18	15
钾的分布	茎叶	85	78	74	72	78	74	63	65	74
	根	5	8	11	14	12	13	9	17	11
	子实	133	84	136	135	147	87	83	96	114
要素一克的干物质产量 (克)	氮	441	445	293	373	430	420	279	266	368
	磷	93	89	103	93	97	79	121	83	95
	钾									

注：三要素吸收量是按每一盆计算的。

(三) 肥料三要素与高粱收获物中的石灰含量