文章编号: 1005-0906(2010)05-0108-06

吉林省不同肥力黑土玉米平衡施肥研究

石玉海, 许东恒, 王立春

(吉林省农业科学院, 长春 130033)

摘要: 在吉林省黑土区 3 种不同肥力土壤上研究平衡施肥效果。结果表明, 平衡施肥对玉米具有较好的增产增收效果, 其增产顺序为低肥力黑土 > 中肥力黑土 > 高肥力黑土。高肥力黑土施肥适宜用量分别为 N 145 kg/hm²、P₂O₅ 46 kg/hm²、K₂O 90 kg/hm²; 中肥力黑土施肥适宜用量分别为 N 90 kg/hm²、P₂O₅ 69 kg/hm²、K₂O 60 kg/hm²; 低肥力黑土施肥适宜用量分别为 N 200 kg/hm²、P₂O₅ 92 kg/hm²、K₂O 30 kg/hm²。氮肥对玉米的增产增收效果最好, 是玉米高产的主要限制因子。玉米子粒吸收的养分随施肥量的增加而增加, 肥料利用率随施肥量的增加而降低。

关键词: 玉米; 黑土; 平衡施肥; 吉林省

中国分类号: S513.062

文献标识码: A

Study on the Balanced Fertilization for Maize on the Black Soil with Different Fertilities in Jilin Province

SHI Yu-hui, XU Dong-heng, WANG Li-chun

(Jilin Academy of Agricultural Sciences, Changchun 130033, China)

Abstract: By the study on balanced fertilization for maize on the black soil of different fertility, the results showed that balanced fertilization had a good yield and income increasing effect whose yield and income increasing order was low fertility black soil > middle fertility black soil > high fertility black soil. The optimum application rates for N, P₂O₅ and K₂O was 145, 46, 90 kg/ha, respectively on the high fertility black soil. The optimum application rates for N, P₂O₅ and K₂O was 90, 69, 60 kg/ha, respectively on the middle fertility black soil. The optimum application rates for N, P₂O₅ and K₂O was 200, 92, 30 kg/ha, respectively on the low fertility black soil. N was the main high-yielding limiting factor due to its high yield and income increasing effect to maize. With the increment of fertilizer application, the nutrients requirement for producing 100 kg grain was increased, whereas fertilizer utilization rate was decreased.

Key words: Maize; Black soil; Balanced fertilization; Jilin province

玉米是吉林省主要作物之一, 其商品量、人均占有量和调出量均居全国首位, 在吉林省农业生产中占有极其重要的地位。合理施肥是玉米高产栽培的重要措施之一, 有关玉米施肥试验的研究较多, 但不同生态条件、不同肥力土壤条件下玉米施肥技术存在较大差异。近年来, 吉林省玉米施肥中存在化肥施用量过大、施肥方法不当等现象, 造成肥料利用率低、环境污染等问题, 根据土壤肥力水平和玉米需肥

特性进行科学合理施肥显得尤为重要。本文通过对吉林省玉米黑土区不同肥力土壤平衡施肥研究, 明确吉林省玉米主产区不同肥力土壤的最佳施肥用量, 为玉米平衡施肥提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验地点及土壤

试验在吉林省榆树市高肥力、公主岭市中肥力及梨树县低肥力的黑土上进行。供试土壤的基本肥力见表 1。

1.2 试验处理与田间设计

供试材料为当地主推品种, 3 次重复, 小区面积 20 m², 随机排列。试验处理见表 2。供试氮肥为尿素(含 N 46%), 磷肥为重过磷酸钙(含 P₂O₅ 46%), 钾肥为氯化钾(含 K₂O 60%)。1/4 氮肥和全部磷、钾肥作底肥于春播时施入, 3/4 氮肥于拔节期至抽雄期施入。

收稿日期: 2010-02-10

基金项目: 中加合作项目“平衡施肥示范计划”(IPNI)、国家科技支撑计划“高效施肥关键技术研究及示范”(2008BADA4B06)

作者简介: 石玉海(1960-), 男, 副研究员, 从事作物栽培研究。

王立春为本文通讯作者。Tel: 0431-87063168

E-mail: wlc1960@163.com

表 1 供试土壤基本肥力

Table 1 The agro-chemical character of the tested soil

试验地点 Experimental site	有机质(g/kg) Organic matter	速效氮(mg/kg) Available N	速效磷(mg/kg) Available P	速效钾(mg/kg) Available K	pH
榆树市环城乡	23.4	166.7	47.6	153.3	6.0
公主岭市凤响乡	22.5	136.9	33.3	121.8	5.2
梨树县万发镇	17.3	107.1	16.2	122.1	5.2

表 2 不同氮、磷、钾肥试验处理

Table 2 Different experimental treatments on N, P, K

kg/hm²

不同氮肥处理 N fertilizer treatment			不同磷肥处理 P ₂ O ₅ fertilizer treatment			不同钾肥处理 K ₂ O fertilizer treatment		
N	P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	N	K ₂ O	K ₂ O	N	P ₂ O ₅
0	75	90	0	180	90	0	180	75
90	75	90	23	180	90	30	180	75
145	75	90	46	180	90	60	180	75
200	75	90	69	180	90	90	180	75
255	75	90	92	180	90	120	180	75
			115	180	90			

2 结果与分析

2.1 氮肥对玉米的增产效果

从表 3 可以看出,玉米施用氮肥可增加玉米产量,高肥力黑土增产 4.1%~6%,施 1 kg 氮肥增产玉米 2.06~4.29 kg,施氮 145 kg/hm² 增产效果最好;中

肥力黑土增产 9.1%~12.3%,施 1 kg 氮肥增产玉米 3.11~11.94 kg,施氮 200 kg/hm² 增产效果最好;低肥力黑土增产 13.4%~17.9%,施 1 kg 氮肥增产玉米 8.1~15.02 kg,施氮 200 kg/hm² 增产效果最好。氮肥的增产顺序为低肥力黑土>中肥力黑土>高肥力黑土。

表 3 不同肥力黑土施氮肥对玉米的增产效果

Table 3 Yield increments effect of N fertilizer for maize on the black soil with different fertilities

土壤肥力 Soil fertility	施氮量(kg/hm ²) Nitrogen rate	产量(kg/hm ²) Yields				增产 Increase yield		1 kg 氮增产(kg) N increment
		I	II	III	平均 Average	(kg/hm ²)	(%)	
高肥力	0	9 175	9 635	9 718	9 509	0	0.0	0.00
	90	10 132	9 634	9 918	9 895	386	4.1	4.29
	145	10 232	10 126	9 880	10 079	570	6.0	3.93
	200	10 070	10 078	9 956	10 035	526	5.5	2.63
	255	10 318	10 051	9 772	10 047	538	5.7	2.06
中肥力	0	8 620	8 718	8 816	8 718	0	0.0	0.00
	90	9 662	9 170	9 740	9 524	806	9.3	4.03
	145	8 844	9 767	10 275	9 629	911	10.5	6.28
	200	9 305	10 253	9 821	9 793	1 075	12.3	11.94
	255	10 289	9 477	8 769	9 512	794	9.1	3.11
低肥力	0	8 058	8 603	8 282	8 315	0	0.0	0.00
	90	10 469	9 663	8 162	9 431	1 116	13.4	5.58
	145	9 536	9 921	9 012	9 490	1 175	14.1	8.10
	200	10 169	9 205	10 036	9 803	1 488	17.9	5.84
	255	9 179	9 868	9 955	9 667	1 352	16.3	15.02

2.2 玉米对氮肥的吸收及利用

从表4可见,玉米施用氮肥提高了秸秆的含氮量,但对子粒中的含氮量影响不明显。由于施氮提高了玉米干物质产量,因此提高了玉米的吸氮总量。玉米氮肥利用率随着施肥量增加呈降低趋势,3个试验点的施氮量由90 kg/hm²增加到255 kg/hm²,其

氮肥利用率分别由32.5%、24.2%、21.8%降低到11.8%、11%、10.3%;随着施氮量增加,生产100 kg玉米子粒耗氮量也随着增加。高肥力黑土玉米氮肥最大利用率为24.2%,中肥力黑土玉米氮肥最大利用率为21.8%,低肥力黑土玉米氮肥最大利用率为32.5%。

表4 不同肥力黑土玉米对氮肥的吸收及利用

Table 4 N absorption and utilization in maize on the black soil with different fertilities

土壤肥力 Soil fertility	施氮量 (kg/hm ²) Nitrogen rate	干重(kg/hm ²) Dry matter weight		含氮量(%) N content		吸氮量(kg/hm ²) N absorption			氮肥利用率(%) N utilization rate	生产100 kg子粒 (18%水)需氮量(kg) N requirement amounts for producing 100 kg grain
		子粒 Grain	秸秆 Straw	子粒 Grain	秸秆 Straw	子粒 Grain	秸秆 Straw	合计 Total		
高肥力	0	7 909	9 095	1.35	0.52	106.87	47.49	154.37	0.0	1.60
	90	9 177	10 554	1.41	0.46	128.72	47.40	176.12	24.2	1.57
	145	8 776	10 092	1.39	0.55	121.51	56.33	177.15	15.7	1.66
	200	8 766	10 081	1.43	0.53	125.41	53.11	178.52	12.1	1.67
	255	8 837	10 163	1.43	0.56	125.97	56.38	182.35	11.0	1.69
中肥力	0	7 149	8 221	1.01	0.59	72.18	48.81	120.99	0.0	1.39
	90	8 030	9 235	0.98	0.67	78.39	62.20	140.58	21.8	1.44
	145	7 896	9 080	0.99	0.72	77.81	65.26	143.07	15.2	1.49
	200	7 810	8 981	1.15	0.69	89.49	61.85	151.34	15.2	1.59
	255	7 800	8 970	1.05	0.73	81.99	65.30	147.29	10.3	1.55
低肥力	0	6 818	7 840	1.22	0.60	82.96	46.88	129.83	0.0	1.56
	90	7 927	9 116	1.27	0.65	100.08	59.01	159.09	32.5	1.65
	145	7 782	8 949	1.24	0.62	96.49	55.05	151.54	15.0	1.60
	200	7 734	8 894	1.23	0.68	94.74	61.00	155.74	13.0	1.65
	255	8 039	9 245	1.21	0.68	97.48	62.41	159.88	11.8	1.63

2.3 磷肥对玉米的增产效果

从表5可见,玉米施用磷肥可增加玉米产量,高肥力黑土增产1.9%~6.3%,施1 kg磷肥增产玉米4.6~11.4 kg,施磷92 kg/hm²增产效果最好;中肥力黑土增产2.7%~11.7%,施1 kg磷肥增产玉米

2.1~23 kg,施磷69 kg/hm²增产效果最好;低肥力黑土增产1.8%~15.3%,施1 kg磷肥增产玉米1.12~48.17 kg,施磷92 kg/hm²增产效果最好。磷肥的增产顺序为低肥力黑土>中肥力黑土>高肥力黑土。

表5 不同肥力黑土施磷肥对玉米的增产效果

Table 5 Yield increment effect of P fertilizer to maize on the black soil with different fertilities

土壤肥力 Soil fertility	施磷量(kg/hm ²) P rate	产量(kg/hm ²) Yields				增产 Increase yield		1 kg磷增产(kg) P increment
		I	II	III	平均 Average	(kg/hm ²)	(%)	
高肥力	0	9 628	9 231	9 508	9 456	0	0.0	0.00
	23	9 429	9 373	10 110	9 637	181	1.9	7.90
	46	9 777	9 928	10 233	9 979	523	5.5	11.40
	69	9 833	9 830	10 074	9 912	456	4.8	6.60
	92	9 762	9 905	10 475	10 047	591	6.3	6.40
	115	9 761	9 940	10 239	9 980	524	5.5	4.60

续表 5 Continued 5

土壤肥力 Soil fertility	施磷量(kg/hm ²) P rate	产量(kg/hm ²) Yields				增产 Increase yield		1 kg 氮增产(kg) P increment
		I	II	III	平均 Average	(kg/hm ²)	(%)	
中肥力	0	10 031	8 516	8 657	9 068	0	0.0	0.00
	23	9 947	9 315	9 529	9 597	529	5.8	23.00
	46	10 130	10 278	9 524	9 977	909	10.0	19.80
	69	10 451	9 281	10 640	10 124	1 056	11.7	15.30
	92	9 411	9 512	9 314	9 412	344	3.8	3.70
	115	9 313	9 191	9 434	9 312	244	2.7	2.10
低肥力	0	7 426	6 947	7 293	7 222	0	0.0	0.00
	23	7 170	7 261	7 217	7 216	-6	-0.1	-0.07
	46	7 426	8 478	8 252	8 052	830	11.5	18.04
	69	7 492	7 731	7 230	7 484	262	3.6	3.80
	92	8 286	8 325	8 379	8 330	1 108	15.3	48.17
	115	7 601	7 044	7 409	7 351	129	1.8	1.12

2.4 玉米对磷肥的吸收及利用

从表 6 可见,施磷提高了玉米干物质产量,因此提高了玉米的吸磷总量。玉米磷肥利用率随着施肥量增加呈降低趋势,两个试验点磷肥用量由 10 kg/hm² 增加到 50.2 kg/hm²,磷肥利用率分别由

39.7%和 23.3%降到 10.6%和 4.2%。随着施磷量增加,生产 100 kg 玉米子粒耗磷量也随着增加。高肥力黑土玉米磷肥最大利用率为 35.3%,中肥力黑土玉米磷肥最大利用率为 39.7%,低肥力黑土玉米磷肥最大利用率为 23.3%。

表 6 不同肥力黑土玉米对磷肥的吸收及利用

Table 6 P absorption and utilization in maize on the black soil of high fertility

土壤肥力 Soil fertility	施磷量 (kg/hm ²) P rate	干重(kg/hm ²) Dry matter weight		含磷量(%) P content		吸磷量(kg/hm ²) P absorption			磷肥利用率(%) P utilization rate	生产 100 kg 子粒 (18%水)需磷量 (kg) P requirement amounts for producing 100 kg grain
		子粒 Grain	秸秆 Straw	子粒 Grain	秸秆 Straw	子粒 Grain	秸秆 Straw	合计 Total		
高肥力	0	8 551	9 834	0.34	0.02	29.07	1.97	31.04	0.0	0.30
	23	9 197	10 577	0.33	0.04	30.35	4.23	34.58	35.3	0.31
	46	8 988	10 336	0.33	0.05	29.66	5.17	34.83	18.9	0.32
	69	9 244	10 630	0.35	0.07	32.35	7.44	39.80	29.1	0.35
	92	7 955	9 148	0.33	0.09	26.25	8.23	34.48	8.6	0.36
	115	7 912	9 099	0.35	0.10	27.69	9.10	36.79	11.5	0.38
中肥力	0	7 436	8 551	0.25	0.10	18.31	8.23	26.54	0.0	0.29
	23	7 870	9 050	0.25	0.12	19.64	10.87	30.51	39.7	0.32
	46	8 182	9 409	0.27	0.09	22.13	8.77	30.89	21.6	0.31
	69	8 302	9 547	0.25	0.11	20.56	10.85	31.43	16.2	0.31
	92	7 718	8 876	0.27	0.11	21.11	9.47	30.58	10.0	0.32
	115	7 637	8 782	0.28	0.12	23.14	10.25	31.88	10.6	0.34
低肥力	0	5 922	6 810	0.17	0.08	10.07	5.44	15.50	0.0	0.21
	23	6 831	7 855	0.17	0.08	11.55	6.28	17.83	23.3	0.21
	46	6 603	7 593	0.19	0.08	12.31	5.81	18.13	13.1	0.23
	69	6 137	7 058	0.18	0.09	11.05	6.35	17.40	6.3	0.23
	92	5 917	6 805	0.18	0.10	10.85	6.81	17.66	5.4	0.24
	115	6 028	6 932	0.18	0.08	11.85	5.78	17.62	4.2	0.24

2.5 钾肥对玉米的增产效果

从表7可见,玉米施用钾肥可增加玉米产量,高肥力黑土增产1.5%~6.2%,施1 kg钾肥增产玉米4.0~7.5 kg,施钾90 kg/hm²增产效果最好;中肥力黑土增产4.3%~11.3%,施1 kg钾肥增产玉米5.2~16.5 kg,施钾60 kg/hm²增产效果最好;低肥力黑土增产6.8%~8.1%,施1 kg钾肥增产玉米5.3~24 kg,施钾30 kg/hm²增产效果最好。钾肥的增产顺序为低肥力黑土>中肥力黑土>高肥力黑土。

2.6 玉米对钾肥的吸收及其利用

从表8可见,玉米施用钾肥提高了秸秆的含钾量,但对子粒中的含钾量影响不明显。由于施钾提高了玉米干物质产量,因此提高了玉米的吸钾总量。玉米钾肥利用率随施肥量增加呈降低趋势,3个试验点的施钾量由25 kg/hm²增加到100 kg/hm²,其钾肥利用率分别由76.5%、58.3%、49.8%降低到36.2%、19.6%、30.5%;随着施钾量增加,生产100 kg玉米子粒耗钾量也随着增加。高肥力黑土玉米钾肥最大利用率为76.5%,中肥力黑土玉米钾肥最大利用率为58.3%,低肥力黑土玉米钾肥最大利用率为49.8%。

表7 不同肥力黑土钾肥对玉米的增产效果

Table 7 Yield increment effect of K fertilizer to maize on the black soil with different fertilities

土壤肥力 Soil fertility	施钾量(kg/hm ²) K rate	产量(kg/hm ²) Yields				增产 Increase yield		1 kg 钾增产(kg) K increment
		I	II	III	平均 Average	(kg/hm ²)	(%)	
高肥力	0	9 709	9 703	9 436	9 616	0	0	0
	30	9 786	9 713	9 772	9 757	141	1.5	4.7
	60	9 872	10 499	9 825	10 065	449	4.7	7.5
	90	10 271	10 443	9 906	10 207	591	6.2	6.6
	120	10 271	10 598	9 861	10 195	479	5.0	4.0
中肥力	0	8 184	9 597	8 643	8 808	0	0	0
	30	8 903	9 252	9 407	9 187	379	4.3	12.6
	60	9 680	9 980	9 740	9 800	992	11.3	16.5
	90	9 366	9 894	8 979	9 413	605	6.9	6.7
	120	9 204	9 576	9 525	9 435	627	7.1	5.2
低肥力	0	8 949	8 950	8 699	8 866	0	0	0
	30	9 023	9 999	9 739	9 587	721	8.1	24.0
	60	9 380	9 670	9 363	9 471	605	6.8	10.1
	90	9 268	9 766	9 630	9 555	689	7.8	7.7
	120	9 653	9 268	9 576	9 499	633	7.1	5.3

表8 不同肥力黑土玉米对钾肥的吸收及利用

Table 8 K absorption and utilization in maize on the black soil with different fertilities

土壤肥力 Soil fertility	施钾量 (kg/hm ²) K rate	干重(kg/hm ²) Dry matter weight		含钾量(%) K content		吸钾量(kg/hm ²) K absorption			钾肥利用率(%) K utilization rate	生产100 kg子粒 (18%水)需钾量(kg) K requirement amounts for producing 100 kg grain
		子粒 Grain	秸秆 Straw	子粒 Grain	秸秆 Straw	子粒 Grain	秸秆 Straw	合计 Total		
		高肥力	0	8 378	9 635	0.40	1.26	33.51	121.40	154.91
	30	9 019	10 372	0.48	1.26	43.29	130.69	173.98	76.5	1.58
	60	8 712	10 018	0.43	1.48	37.46	148.27	185.73	61.8	1.75
	90	8 543	9 824	1.53	1.53	34.17	150.31	184.48	39.6	1.77
	120	8 439	9 704	1.62	1.62	33.76	157.20	190.96	36.2	1.86
中肥力	0	7 223	8 306	0.46	0.96	33.38	79.78	113.16	0.0	1.28
	30	7 534	8 664	0.46	1.08	34.66	93.02	127.68	58.3	1.39
	60	8 036	9 241	0.32	1.19	26.00	110.19	136.19	46.3	1.39
	90	7 719	8 876	0.32	1.29	24.41	114.05	138.45	33.8	1.47
	120	7 737	8 897	0.34	1.20	26.07	106.63	132.70	19.6	1.41

续表 8 Continued 8

土壤肥力 Soil fertility	施钾量 (kg/hm ²) K rate	干重(kg/hm ²) Dry matter weight		含钾量(%) K content		吸钾量(kg/hm ²) K absorption			钾肥利用率(%) K utilization rate	生产 100 kg 子粒 (18%水)需钾量 (kg) K requirement amounts for producing 100 kg grain
		子粒 Grain	秸秆 Straw	子粒 Grain	秸秆 Straw	子粒 Grain	秸秆 Straw	合计 Total		
低肥力	0	7 270	8 361	0.45	1.01	34.10	84.65	118.75	0.0	1.34
	30	7 861	9 041	0.46	1.05	36.22	94.93	131.15	49.8	1.33
	60	7 766	8 931	0.46	1.16	35.49	103.63	139.11	40.9	1.47
	90	7 835	9 010	0.48	1.16	37.34	104.62	141.95	31.0	1.49
	120	7 789	8 958	0.49	1.24	37.89	111.27	149.16	30.5	1.57

3 结 论

玉米施用氮、磷、钾肥具有较好的增产增收效果,在高肥力黑土上施氮肥增产 4.1%~6%,1 kg 氮肥增产玉米 2.06~4.29 kg;中肥力黑土增产 9.1%~12.3%,1 kg 氮肥增产玉米 3.11~11.94 kg;低肥力黑土增产 13.4%~17.9%,1 kg 氮肥增产玉米 8.1~15.02 kg,氮肥的增产顺序为低肥力黑土>中肥力黑土>高肥力黑土。在高肥力黑土上施磷肥增产 1.9%~6.3%,1 kg 磷肥增产玉米 4.6~11.4 kg;中肥力黑土增产 2.7%~11.7%,1 kg 磷肥增产玉米 2.1~23 kg;低肥力黑土增产 1.8%~15.3%,1 kg 磷肥增产玉米 1.12~48.17 kg。磷肥的增产顺序为低肥力黑土>中肥力黑土>高肥力黑土。在高肥力黑土上施钾肥增产 1.5%~6.2%,1 kg 钾肥增产玉米 4.0~7.5 kg;中肥力黑土增产 4.3%~11.3%,1 kg 钾肥增产玉米 5.2~16.5 kg;低肥力黑土增产 6.8%~8.1%,1 kg 钾肥增产玉米 5.3~24 kg。钾肥的增产顺序为低肥力黑土>中肥力黑土>高肥力黑土。

从施肥效益角度考虑,高肥力黑土氮、磷、钾肥适宜用量分别为 N 145 kg/hm²、P₂O₅ 46 kg/hm²、K₂O 90 kg/hm²;中肥力黑土分别为 N 90 kg/hm²、P₂O₅ 69 kg/hm²、K₂O 60 kg/hm²;低肥力黑土分别为 N 200 kg/hm²、P₂O₅ 92 kg/hm²、K₂O 30 kg/hm²。

随着施肥量增加,生产 100 kg 子粒需要的养分量增加,肥料利用率降低。玉米施肥在追求高产的同时,要合理控制肥料用量,提高肥料利用效率,降低过量施肥对环境造成的影响。

参考文献:

- [1] 梁秀兰,朱芳华.玉米施肥试验研究[J].玉米科学,1998,6(1):69-72.
- [2] 王培顺.玉米施肥技术探讨[J].玉米科学,1995,3(1):79-80.
- [3] 谢佳贵,王立春,尹彩侠,等.吉林省不同类型土壤玉米施肥效应研究[J].玉米科学,2008,16(4):167-171.
- [4] 谢佳贵,王立春,尹彩侠,等.春玉米平衡施肥效果的研究[J].吉林农业科学,2008,33(6):44-45,81.
- [5] 王秀芳,张宽,王立春,等.科学管理与调控钾肥,实现玉米高产稳产[J].玉米科学,2004,12(3):92-95,99.

(责任编辑:姜媛媛)