

文章编号: 1005-0906(2004)S0-0099-04

长期少耕对玉米产量与土壤生态环境的影响(1983 ~ 2002)

何奇镜, 佟培生, 边少锋, 张丽华

(吉林省农业科学院综合研究所, 吉林 公主岭 136100)

摘要: 在玉米连作基础上连续少耕 20 年, 玉米平均产量 9 015.7 kg/hm², 比连耕 20 年增产 4%; 在干旱灾年平均产量 6 933.5 kg/hm², 比连耕增产 6.7%, 具有较强的抗旱力。土壤紧实度(容重)保持在 1.263 ~ 1.353 g/cm³ 的最佳状态, 土壤绝对含水量高于连耕 10.66 ~ 13.7 kg/m³, 土壤 pH6.1(呈中性反应)大于连耕 pH5.7(呈微酸性反应), 缓冲作用强于连耕。土壤全 P 和速效 N、P、K 高于连耕, 保肥能力强于连耕, 经济效益突出。

关键词: 少耕; 玉米; 土壤; 经济效益

中图分类号: S157.42

文献标识码: A

The Influence of Long-term Minimum Tillage on Corn Yield and Soil Ecological Surroundings (1983 ~2002)

HE Qi-jing, TONG Pei-sheng, BIAN Shao-feng, ZHANG Li-hua

(Institute of Comprehensive Research Jilin Academy of Agricultural Sciences, Gongzhuling 136100, China)

Abstract: By means of continuous minimum tillage for 20 years for maize cropping, the average yield of maize was 9 015.7 kg/ha, which increased 4% than continual plowing and that yield was 6 933.5 kg/ha which increased 6.7% than the continual plowing in the drought condition. The maize of minimum tillage has higher resistivity. Soil volume-weight of minimum tillage keeps the optimum condition in 1.263 ~ 1.353 g/cm³. Soil-water content absolute was more 10.66 ~ 13.7 kg/m³ than continual plowing. Soil pH6.1 (neutral reaction) of minimum tillage is more than soil pH5.7 (acid reaction) of continual plowing. So the buffer effect is higher than the soil of continual plowing. The whole P and quick acting N、P、K are more higher than in the soil of continual plowing. So that the fertility keeping is higher than the continual plowing. Efficiency of minimum tillage stick up.

Key words: Minimum tillage; Maize; Soil; Efficiency

1 引言

由于少耕法经济、社会效益突出, 耕作理论挑战性强, 国内外许多学者都在进行长期定位试验, 取得了很好成绩。吉林省农科院在总结过去研究基础上, 于 1983 年在公主岭黑土上建立少耕法长期定位试验基地, 开展研究工作, 20 年来积累了一些数据, 可供研究参考。

2 基本情况

公主岭位于松辽平原中部, 是松花江与东辽河两大水系的分水岭, 气候寒冷, 无霜期短(135 d 左右), 4 ~ 9 月的年平均积温 3 100 ~ 3 300℃·d, 降水量 430 ~ 580 mm, 集中于 7 ~ 8 月份。春季干旱少雨是典型的半干旱、半湿润地带。本地区也是典型的漫岗黑土, 其深度: 岗上平地一般 40 ~ 50 cm, 岗

腰坡地和岗下二洼地 60 ~ 100 cm 不等。团粒结构良好(40% ~ 50%), 保水性能良好, 有机质丰富(3.5%), 自然肥力较高。pH6.0 ~ 7.5, 呈中性反应, 适宜种植粮、油、糖大田作物。过去是大豆-高粱-谷子 3 年轮作, 而今大多为玉米连作, 一年一熟。过去是奋力扣、垄作, 60 年代开始推行机械化连年耕翻平播后起垄。80 年代普遍实行旋耕灭茬起垄播。这些耕法作业环节多, 耗油多, 投资大, 不易保全苗, 三铲三趟水土流失严重, 破坏农田生态平衡, 不利于农业持续发展。

3 试验方法

本试验是在玉米连作基础上大、中型机械作业条件下进行的, 设以下 3 种处理:

(1) 少耕法(以下称少耕): 每年秋天玉米收获后不耕翻, 用圆盘耙灭茬, 来春机平播, 播前喷除草剂, 不中耕铲趟, 不起垄, 平作到底。

(2) 免耕法(以下称免耕): 秋天玉米收获后, 不耕翻, 也不灭茬, 把玉米茬留在田间, 不刨不拣, 来春在留茬行间机播。播前喷除草剂, 不铲趟, 不起垄, 平作到底。

(3) 连翻耕法(以下称连耕): 每年秋天玉米收割后, 用拖拉机深翻 20 ~ 25 cm, 秋耙一次, 播种前再进行耙地保墒, 机

收稿日期: 2003-08-18

作者简介: 何奇镜(1921-), 男, 重庆市忠县人, 吉林省农科院综合研究所研究员, 自 1950 年以来一直从事机械化耕作改制研究工作。先后参加部分工作的还有: 王莉、高云超、何平、李慧英等同志, 在此一并致谢! Tel: 0434-6223687

平播,春耙前喷除草剂,不铲不趟,不起垄,平作到底。

以连耕为对照,对比排列,2次重复。小区面积1260 m² (8.4 m×150 m)。6个小区,总面积7560 m²。玉米行距70 cm,密度5万株/hm²,以磷酸二铵作口肥,生育期间以尿素作追肥,施肥方法、数量相同。定期、定点测试有关数据。秋收时每个小区取10点,每点面积以10 m²计算产量。(最后总结时因

少、免耕二者玉米产量极其相近,为简化数理统计分析,将少、免耕产量合并计算为少耕产量)。

4 试验结果与分析

4.1 长期少耕对玉米产量的影响(表1)

表1结果表明:少耕20年的玉米平均产量9015.7 kg/hm²,

表1 连耕与少耕玉米产量比较

年度	连耕(kg/hm ²)	少耕(kg/hm ²)	少耕比连耕增减产(%)	年度	连耕(kg/hm ²)	少耕(kg/hm ²)	少耕比连耕增减产(%)
1983	9375	9050	-3.47	1994	8935	10176	13.88
1984	7947	7998	0.64	1995	7828	7630	-2.57
1985	6245	6465	3.52	1996	7578	7454	-0.98
1986	7950	8430	6.04	1997	8135	8665	6.52
1987	7620	8108	6.40	1998	9539	10062	5.48
1988	7727	8077	4.53	1999	10980	11353	3.40
1989	8723	9105	4.39	2000	6746	7402	9.70
1990	9306	8880	-4.58	2001	9540	10183	6.70
1991	8832	9516	7.75	2002	10891	11308	3.80
1992	10894	11050	1.43	\bar{X}	8649.4	9015.7	4.00
1993	8250	9400	3.94				

注:本表为20年的试验数据。

比连耕20年产量8649.4 kg/hm²增产4%,其中有4年减产,减产幅度为0.98%~4.58%,占试验年数的20%,有16年是增产的,幅度为0.64%~13.94%,占试验年数的80%。减产年头少,减产幅度小;增产年头多,增产幅度大。经数理统计分析,增产程度达到0.01的极显著水平。其增减产幅度百分数见图1。

甚至减产。

为了探明长期少耕后再耕翻的效果,1998年秋天,将第二重复各小区全部耕翻,1999年仍然种玉米,其中少耕17年后再耕翻的产量8758.5 kg/hm²,比连耕18年对照区增产0.06%,比少耕18年的减产4.15%,没有显现出长期少耕后再耕翻的优越性。

为了探明长期少耕基础上再深松的效果,2002年在少耕区的北头各取20 m,进行深松处理。其结果在少耕20年基础上进行行间深松的玉米产量9182.3 kg/hm²,比连耕20年对照区增产1.38%,增产效果不显著。在少耕3年基础上进行隔行深松的玉米产量8678.3 kg/hm²,比连耕20年对照区减产4.18%,比少耕20年减产5.5%,没有看出深松的增产效果。

于2002年同年,在少耕3年的小区旁,设大小垄中耕深松试验区,其玉米产量8064 kg/hm²,比少耕3年减产3.4%,比连耕20年对照区减产11%,也未见到大小垄深松的增产效果。

5 长期少耕与气象关系

5.1 长期少耕与气候条件相关分析

本地区春雨少而干旱,不易保全苗,夏季多雨而集中,水土流失严重,秋天霜早,易受低温冷害。20年来少耕法受到严峻考验。其玉米产量与气候相关系数r值如表2。

表2 不同耕法玉米产量与降雨和积温相差r值

项目	耕法	4~9月	4月	5月	6月	7月	8月	9月
与降水r值	连耕	-0.120	0.370*	0.013	0.186	0.064	-0.430*	-0.188
	少耕	-0.090	0.224*	-0.054	0.198	0.027	-0.377*	-0.047
与积温r值	连耕	0.103	0.413*	0.094	-0.481*	0.261	-0.193	0.132
	少耕	0.166	0.478*	0.151	-0.375*	0.407	-0.149	0.015

注:*表示显著,+表示接近显著。

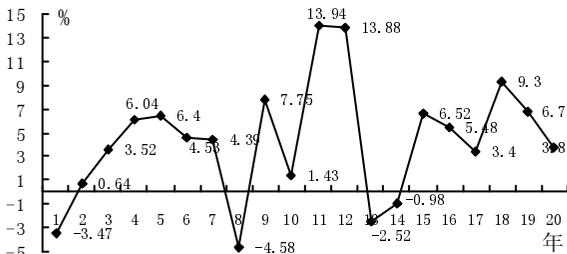


图1 少耕与连耕增产幅度曲线

从图1中看出:少耕的增产幅度(%)出现低谷与高峰现象。原因是田间管理不规范,造成少耕产量忽高忽低,甚至减产。

4.2 长期少耕的后效观察

为了探明长期少耕的中耕效果,1986~1992年在留茬少耕基础上进行减免中耕试验。其结果以免中耕的玉米产量最高,中耕1次减产4.83%,中耕3次减产7.41%,中耕5次减产9.67%。表明在少耕基础上进行中耕,玉米产量没有提高,

表 2 结果表明:①连耕法的玉米产量与 4 月份的降水呈显著程度正相关($r=0.370$),但与 8 月份的降水量呈显著负相关 ($r=-0.430$)。表明本地区 4 月份播种前后若能得到较多降雨,能够增加土壤水分,改善墒情,对玉米播种、出苗、生长发育及产量打下有利基础。而 8 月份正当玉米开花授粉的生长盛期,若遇阴雨连绵,降水过多,就会影响玉米授粉和根系吸收养分,导致减产。②连耕玉米产量与 4 月份积温呈显著程度的正相关 ($r=0.413$),但与 6 月份积温呈显著负相关 ($r=-0.481$)。表明本地区早春温度低,若能遇到高温天气,对玉米出苗和生长有利。若 6 月份干旱,土壤供水不足,加之高温,导致玉米生长不良,影响穗分化和产量。③少耕玉米产量

与 4 月份积温呈显著正相关($r=0.478$)。表明 4 月份少耕土壤水分较高,而地温相对较低,对气温比较敏感。若遇高温可以促进幼苗生长,提高产量。

两种耕法比较:连耕有赖于 4 月份的多雨,但不适应 6 月份的高温 and 8 月份的多雨;而少耕只对 4 月份的高温比较敏感,对其它月份的降水和积温虽与连耕有相应的反应,但不如连耕显著。表明少耕比连耕更适于本地区气候特点。

5.2 长期少耕与玉米丰歉年之间的关系

为了进一步明确长期少耕在本地区气候条件下的丰歉关系,将 20 年玉米产量,按 1 000 kg/hm² 的组距分别统计如表 3。

表 3 少耕与连耕玉米在不同年成的产量结果

年成	年数	降水(mm)		积温(°C·d)		产量(kg/hm ²)		
		4月	4~9月	4月	4~9月	连耕	少耕	增减(%)
大丰年	6	22.8	479.7	305.4	3 101.5	10 179.0	10 690.0	5.50
丰年	5	29.2	540.9	253.4	3 286.5	8 897.0	9 190.0	3.30*
平年	4	26.1	581.4	285.3	3 231.5	7 858.0	8 320.0	5.87
歉年	3	22.1	431.1	226.4	3 277.9	7 767.7	7 694.0	-0.90*
灾年	2	21.0	478.9	242.9	3 310.7	6 245.5	6 933.5	6.70

*:少耕法各有 2 年因田间管理失误减产使比下降。

表 3 结果表明:①大丰年有 6 年,占试验年数的 30%。少耕玉米平均产量 10 690 kg/hm²,比连耕增产 5.5%,主要与 4 月份积温较高有关。②丰收年有 5 年,占试验年数的 25%。少耕玉米平均产量 9 190 kg/hm²(其中有 2 年管理失误减产),比连耕增产 3.3%。主要与 4 月份降水较多有关。③平年有 4 年,占试验年数的 20%。少耕玉米的平均产量 8 320 kg/hm²,比连耕增产 5.87%。4~9 月的降水较多,但积温较低,保持常年稳产水平。④歉年有 3 年,占试验年数的 15%。少耕玉米的平均产量 7 694 kg/hm² (其中 2 年因管理失误减产),比连耕减产 0.9%(不显著),主要因 4~9 月降雨最少,但积温较高,受到较重的旱害影响。⑤灾年有 2 年,占试验年数的 10%。主要因 4 月和 4~9 月降水少,而积温高,旱害成灾。但少耕玉米受害较轻,仍比连耕增产 6.7%。

上述情况表明:20 年间大丰年和丰年年数最多(55%),平年较少(20%),歉年(15%)和灾年(10%)最少,没有绝产的。而少耕在这些年中则显著增产。其总趋势是灾年 (6.7%)>平年 (5.87%)>大丰年(5.5%),抗灾力大于连耕。

6 长期少耕对土壤环境的影响

6.1 长期少耕对土壤紧实度的影响

在少耕条件下,耕层土壤紧实还能增产,一般人很难理解,对少耕法没有信心。本试验一开始就对土壤紧实度(土壤容重)进行监测,结果如表 4。

表 4 不同耕法土壤容重测定结果 g/cm³

耕法	1986 年	1988 年	1992 年	2002 年	平均
连耕	1.150	1.178	1.204	1.195	1.182
少耕	1.305	1.264	1.263	1.353	1.296

表 4 结果表明:连耕区 0~30 cm 耕层内土壤紧实度(容重)平均 1.182 g/cm³,保持在 1.150~1.204 g/cm³,比较疏松;而少耕区 0~30 cm 耕层内土壤紧实度平均 1.296 g/cm³,保持在 1.263~1.353 g/cm³,明显高于连耕区,比较紧实,但少耕的玉米平均增产 3.95%,表明少耕法土壤紧实对玉米生长是有利的。少耕法土壤紧实度(容重)的变化与本地区冬冻春融作用有关,也与土壤干湿交替变化有关。

6.2 长期少耕对土壤水分的影响

从过去多年试验资料中看到,少耕区的土壤水分多于连耕,并与其土壤容重呈显著正相关。但因测试水分的方法与土壤容重脱节,有时少耕区的相对水分低于连耕区,不好理解。本试验一开始就采取土壤水分与其容重同一样本,既算其相对含水量(%),也算其绝对含水量(g/cm³),结果如表 5。

表 5 连耕及少耕土壤容重与水分的关系

测定时间	层次 (cm)	连耕			少耕			增加 (kg/m ³)
		容重(g/cm ³)	水分(%)	水量(kg/m ³)	容重(g/cm ³)	水分(%)	水量(kg/m ³)	
1986 年 6 月 15 日	0~5	1.000	19.35	9.68	1.120	18.99	10.63	0.95
	6~10	1.216	21.43	13.03	1.346	21.54	14.50	1.47
	11~20	1.150	23.19	26.67	1.387	22.00	30.08	3.41
	21~30	1.232	23.34	28.75	1.359	24.07	33.58	9.83
2002 年 6 月 10 日	0~30	1.150	21.83	78.13	1.305	21.65	8.45	10.66
	0~5	1.191	20.27	12.07	1.342	19.37	13.05	0.98
	6~10	1.171	21.17	12.40	1.421	21.33	15.16	2.76
	11~20	1.237	23.30	28.82	1.388	21.67	30.80	1.98
	21~30	1.278	20.03	25.60	1.415	23.73	33.58	7.98
0~30	1.220	21.69	78.89	1.393	21.57	92.59	13.70	

表5结果表明:1986年与2002年两次测试结果,少耕区的土壤容重大于连耕区,但0~5 cm和11~20 cm层的土壤水均少于连耕区,导致0~30 cm耕层的总含水量也少于连耕,若采取水分、容重统一测算,则少耕区的绝对含水量均大于连耕区。

6.3 长期少耕对土壤团粒结构的影响

表6 连耕及少耕土壤团粒结构分析 %

耕法	深度(cm)	>5~1	1~0.5	0.5~0.25	>5~0.25	增减
连耕	0~10	4.82	10.98	18.49	34.29	
	11~20	5.79	9.90	32.61	48.30	
	21~30	12.14	16.20	28.22	56.56	
	\bar{X}	7.58	12.39	26.44	46.41	
少耕	0~10	11.20	14.72	28.25	54.17	19.88
	11~20	9.05	12.74	25.70	47.49	-0.81
	21~30	8.42	11.39	25.34	45.16	-11.40
	\bar{X}	9.50	12.95	26.43	48.94	2.53

注:本表数据为1995年10月采土,农科院土壤测试中心分析。

表6结果表明:少耕13年全耕层(0~30 cm)土壤团粒结构为48.94%,比连耕13年多2.53%,没有减少。少耕区上层(0~10 cm)土壤团粒多于下层(20~30 cm),而连耕区则相反,上层少于下层。少耕区上层土壤团粒多于连耕区上层19.88%,下层则少于连耕区11.4%。土壤团粒的多少与形成土壤团粒的有机质多少有关。长期少耕土壤上层有机质积累较多,形成的团粒也较多;而连耕区连年耕翻把上层较多有机质翻到下层,因此下层形成团粒较多,上层有机质较少,所以上层形成的土壤团粒较少。由于翻耕频繁,各级团粒均少于少耕区。土壤团粒上层少下层多,是连年耕翻的理论依据,而长期少耕上层土壤团粒显著多于下层,就没有再耕翻的必要了。

6.4 长期少耕对土壤养分的影响

过去试验中对土壤养分分析多重于处理间横向变化,因试验时间短,差异不明显,现在采取纵向历史性分析就比较明显(表7)。

表7 连耕及少耕土壤养分变化结果

耕法	年度	层次(cm)	pH	有机质(%)	全量(%)			速效(mg/kg)		
					N	P	K	N	P	K
连耕	1995	0~30	7.63	2.54	0.158	0.048	2.030	111.55	9.70	85.7
	2002	0~30	5.70	2.24	0.172	0.049	2.393	153.46	12.17	106.8
	增减		-1.93	-0.30	0.014	0.001	0.363	42.41	2.47	21.1
少耕	1995	0~30	7.50	2.42	0.150	0.046	2.080	109.10	13.93	80.0
	2002	0~30	6.10	2.29	0.154	0.049	2.333	162.65	16.52	110.1
	增减		-1.40	-0.13	0.004	0.003	0.253	53.55	2.59	30.1

表7结果表明:从1995~2002年的7年时间,两种耕法的土壤pH值和有机质显著下降,而全量和速效养分有所增加,值得研究。

(1) 连耕区的pH值由原来的7.63(中性)下降到5.7(微酸性),下降了1.93;少耕区的pH值由原来的7.5降到6.1,下降了1.4,比连耕少0.53,仍保持中性反应,其缓冲作用大于连耕。土壤pH值的变化是由于施入土壤中的尿素在硝化及作物吸收过程中迅速下降,但在缓冲性强的土壤中,往往不易被察觉。一般认为尿素是中性化肥,施在地里没问题,此观点是值得商榷的。

(2) 连耕区的有机质由原来的2.59%下降到2.24%,下降了0.3%;而少耕区的有机质由原来的2.42%,下降了0.13%,比连耕区少降了0.17%,下降速度慢于连耕。两种耕法土壤有机质一致下降,是由于施入土壤中的化肥为微生物提供了充足的N源,促使有机质加速分解。而连耕区有机质分解快于少耕区,除N源充足外,还与连耕区土壤疏松、供氧充足、好氧微生物活动能力强于少耕有关。

(3) 连耕的全量N、P、K分别增加了0.014%、0.001%和0.363%,少耕区分别增加0.004%、0.043%和0.253%,全P比连耕显著增加了0.042%,N、K比连耕增加得少。

(4) 连耕的速效N、P、K分别增加了42.41、4.47和21.1 mg/kg,少耕区则分别增加53.55、2.59和30.1 mg/kg,比连耕多增加11.14、0.12和9.0 mg/kg。土壤中N、P、K养分的增加,是由于施入土壤中的化肥没有用完,残留于土中所致。少耕

区全P和速效N、P、K比连耕增加得多,表明少耕保肥能力强于连耕。

7 长期少耕的经济和社会效益

少耕法的经济效益是最受关注的问题之一。少耕20年玉米总产183 130 kg/hm²,比连耕20年总产172 987 kg/hm²,增产10 143 kg/hm²,按当前国家收购价0.8元/kg计算,每公顷增收8 114.4元,即每年每公顷增收405.7元,经济效益是显著的。连耕法一季作物作业8次,耗油60.75 kg/hm²;少耕法作业3次,耗油15 kg/hm²,年节油45.75 kg/hm²,节油率75.3%,20年节油915 kg/hm²。连耕法机耕费770元/hm²,少耕法机耕费320元/hm²,节约450元/hm²,20年节资9 000元/hm²。连耕法需要人工锄草3次,包产350元/hm²,少耕法化学除草2次,共需160元/hm²,每年节资190元/hm²,20年共节省3 800元/hm²。20年共计节约机耕费和人工费12 800元/hm²,再加上玉米增收8 114.4元,总效益为20 914.4元/hm²。连耕需要配套机具6台件,少耕只需机具3台件,节约机具投放量50%,提高机具利用率50%。还可减少相应的辅助设备及其驾驶管理人员,社会效益也十分显著。

8 结论与讨论

20年试验证明,长期少耕玉米增产显著,抗逆性强,适合本地区气候特点,对保持土壤肥力、缓冲土壤反应、改善土壤生态环境十分有利;节能节资、社会效益(下转第104页)

(上接第 102 页)突出;在改革现行耕作技术理论上具有极大挑战性。但少耕法还有许多问题需要研究探讨。①少耕法的成败,化学除草是关键。在玉米连作、长期少耕、春旱少雨、化学除草效果不如人意的情况下,采用少量人工锄大草仍是上策。②长期施用尿素化肥,土壤 pH 值和有机质迅速下降,实行少耕法其下降速度虽比连耕缓慢,但总不是个好兆头。pH 值可依靠土壤自身缓冲平衡,而有机质如何补充,值得研究。③要想把少耕法用好,还需改变传统精耕细作观念,以现代科学技术成果加以补充完善,才能收到更好的效果。④少耕法是农业持续发展的战略性技术措施,要研究的问题很多。过去 20 年失去很多宝贵机会,应在今后继续坚持试验中把它找回来。

参考文献:

- [1] 任东州,潘 锐.“流血”的黑土地[M].吉林日报,2003-04-06(2).
- [2] 李维岳,赵化春,等.吉林玉米[M].长春:吉林科技出版社,2002.
- [3] 何奇镜,佟培生.不同土壤玉米少耕法试验报告[J].吉林农业科学,1998,23(4):10-12.
- [4] 李德成,等.免耕制度下耕作土壤结构演化的图像分析[J].土壤学报,2002,(2):214-219.
- [5] 浙江农业大学.农业化学[M].上海:上海科技出版社出版,1980.
- [6] 巨晓棠,等.氮肥利用率的要义及其提高的技术措施[J].科技导报,2003,(4):51.
- [7] 何奇镜,佟培生.玉米少中耕试验报告[J].吉林农业科学,1999,24(2):8-12.