

机械化少量有效耕法 及其联合机组的研究

第1报：在我省西部干旱地区的试验 示范结果（1977—1981）

吴乐民 王满昌 于长富 曹围 裴攸

（吉林省农科院机械化耕作栽培研究所）

少耕问题自四十年代在美国开展研究以来，至今，在国际上已成为耕作机械化发展的方向⁽¹⁾。

六十年代初期，我们通过对吉林省中部黑土地地区固有垄作耕作制度调查，发现这种耕法是劳动人民长期生产实践与自然条件相适应的经验总结。固有垄作耕法“耕种结合、少耕稳产”的特点，应在耕作机械化中予以继承；同时，应对其耕层浅、播种质量不高等缺点予以改革。另外，受美国最少量耕法研究的启发，1963年李向荣和吴乐民等人一起曾经提出：农艺农机研究要注意国际上最少量耕作研究的新动向⁽²⁾。结合我国国情，在继承改革固有垄作耕法基础上，研究少耕体系及其相应机具——一机多用的联合作业机组是非常必要的，在增产、节能等方面都有很大的实践意义。

由于某些原因，直到1973年才开始研制垄作耕种联合机组，后几经改进。1977年在西部干旱地区大安县设点，经五年试验及大面积示范，效果良好，现将结果报告如下：

一、机械化少量有效耕法的概念及其RZG—5联合机组

机械化少量有效耕法是对机械化现行耕法（即平翻平播）相对而言的一类耕种方法，是在机械化条件下继承固有耕法特点，以垄作为基础，以增产为前提，减少田间作业次数，不是越少越好，而是达到有效程度并满足传统地精耕细作要求的一些耕种方法的概括，是在机械化现行耕法实践基础上发展起来的。

机械化少量有效耕法包含有垄翻、垄播、中耕、深松等项，其特点是：秋天不动土、少动土，春天少动土，减少耕作次数利于保墒；种后有垄、提高地温，防风保土。

RZG—5联合机组（见图1）是在2BZ—6播种机和ZX—7中耕机的基础上，为满足机械化少量有效耕法要求而设计的。适于中耕作物垄翻、深松、垄播和中耕等项作

此，既能条播，又能穴播⁽³⁾⁽⁴⁾。RZG—5 联合机组主要与东方红—54或75、铁牛—55拖拉机悬挂配套。

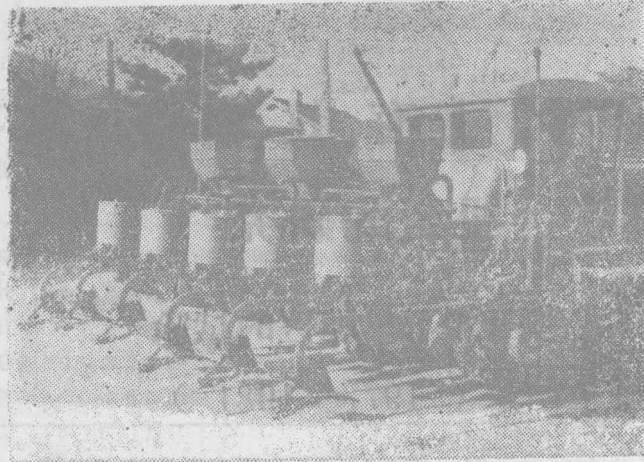


图1 RZG—5 联合机组样机

1977年在西部干旱地区进行试验示范中，对RZG—5 联合机组又做了某些改革⁽⁵⁾，主要是缩短犁辕、提高离地间隙（现已达50厘米），加强镇压。其最重要的是把前铧置于深松支臂位置（见图2），分干土，镇压后把种子点在湿土里，解决了夹干土问题。

在西部干旱条件下机械化少量有效耕法的具体作业方法有耙耨耩播、原耩耩播、和平翻耩播三项。耙耨耩播是在播前用重耙耙耨，播种时用前铧豁开干土，把种子点在湿土上，挤湿土覆盖成耩，耙播两次完成。这是一项较好的保墒保苗方法，适于玉米、高粱、谷子、大豆等作物。原耩耩播是在原耩上豁开耩台播种，用铧子上土成耩，不耕只播，开沟、播种、覆土一次完成。适于高粱、谷子、玉米等作物。平翻耩播是在秋翻春耙地上实行耩播，与耙

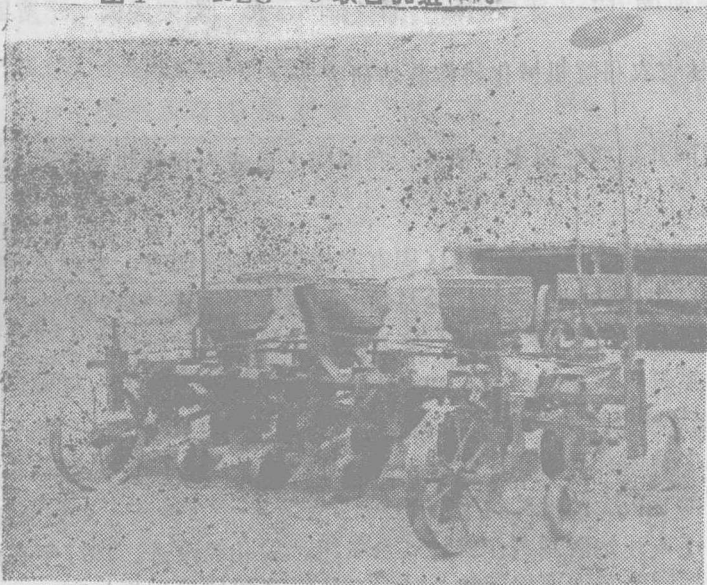


图2 改进了的RZG—5 联合机组

耩耩播一样，不过这是一种平翻系统的耩播方法，适于玉米、高粱、谷子、甜菜等作物。此外，还可用于原耩抢墒挤种随播随起耩作业，效果良好。

二、试验示范地区的自然条件与试验处理

1、自然条件

大安县位于白城风沙干旱地区的东北部，地处松嫩平原，属于大陆性季风气候。年平均气温4.3℃， $\geq 10^\circ\text{C}$ 积温2668℃，无霜期132天，年平均降水量411毫米，年平均蒸发量1757毫米，干燥度为1.2，属半干旱类型。其气候特点是春季气温低，地温回升慢，持续时间长，土壤化冻10厘米以上一般在3月底，4月15日种床地温才稳定通过5℃，是早播的不利条件。4、5月份蒸发量是同期降水的12~20倍，播种期间有13个大

风日，往往耽误播期、剥地毁种或缺苗断条。历年有43%机会出现伏旱、秋吊。夏季炎热，温差大，降水集中（6~8月为298毫米，占全年降水的72.5%），也是作物生育最适宜时期。秋季降水58.4毫米，仅占全年降水的14.2%，无封冻雨，不利于秋季耕作。冬季漫长寒冷，干燥少雪，土壤裸露。

其土壤主要有淡黑钙土（石灰性灰沙土、黄沙土）盐碱土、风沙土等。淡黑钙土含有机质1.5%左右，全氮0.1%左右，全磷0.07%左右，仍属低产土壤。土壤田间最大持水量一般在20%左右，土壤凋萎水在4%左右，土壤有效水总间距不大于17%，土壤质地主要为细砂壤土，结构不好、耕性不良。

85%以上耕地用畜力耕作，群众中有丰富的顶、抢、借、抗的耕作保苗经验，机械耕作习惯于翻、耙、压。历年粮豆平均亩产2250斤左右，最高不超过3165斤，产量不高不稳。总之，春旱是当地主要威胁，保墒保苗是农业生产急需解决的问题。

2、试验处理

为促进西部干旱地区耕作机械化的发展，明确不同耕法对当地条件的适应性，本项试验主要设有：机械化少量有效耕法的耙耨耑播、原耑耑播、平翻耑播和机械化现行耕法的平翻平播（对照）四个处理。种植作物主要为玉米，品种为吉单101或三交种，田间设计为顺序排列，各年重复三、四次，并设观察辅助区。小区为5耑、10耑或6耑、12耑区，区长一般不少于250米，行距65厘米。播期一般在4月底至5月初，各处理同期播种。每耑施底粪25车，全部扬施，播种时每耑施口肥硝酸铵100斤或三料过石250斤或磷酸二胺100斤，与种子同时播下。追肥每耑400斤硝酸铵。人工铲地，机械耑地。不同处理的耕种措施及使用机型见下表：

表1 试验处理措施与使用机型

耕法	处理	翻地	施底肥	耙地	播种	播后压	耑地	作业次数
机械化少量有效耕法	耙耨耑播	不翻	扬施25车	播前重耙 (PZQ-2.5)	RZG-5型	随播随压	定苗后、追肥时	5
	原耑耑播	"	"	播前不耙	"	"	"	4
	平翻耑播	秋翻20cm	"	播前轻耙	"	"	"	3
机械化现行耕法	平翻平播(对照)	"	"	"	2BZ-6型	"	"	3

三、试验示范结果

1、不同耕法对保墒保苗的影响

播前土壤水分测定表明：秋翻地干土层比原耑地厚1~3厘米，耕层20厘米土壤水分（重量%）比原耑地少1.14~3.26%（表2）；而土壤水分容积%比原耑地少2.55~5.37%，可供作物根系吸收利用的有效水少2.55~5.19%，总储水量少5.09~9.11毫米。秋翻地自翻地到播前与原耑地比，失墒相当于自然降水的5~9毫米（表3）。从播前耕层20cm土壤水分性质分布状况看秋翻地失墒就更为明显（图3）。

表 2

播前耕层20cm土壤水分(重量%)

处 理	1980						1981			
	E		W		M		W		L	
	干土层	%	干土层	%	干土层	%	干土层	%	干土层	%
秋翻地	7.95	10.62	7.5	11.62	5	8.73	4	9.2	4	10.83
原垄地	4.9	13.88	4.9	12.76	2	11.68	3	10.7	3	12.83
相 差	3.05	-3.26	2.6	-1.14	3	-2.95	1	-1.5	1	-2.00

表 3

播前耕层20cm土壤水分(容积%)有效水及总储水量

处 理	深 度 (cm)	1980			1981		
		容积%	有效水%	总储水量 (mm)	容积%	有效水%	总储水量 (mm)
秋翻地	0~5	3.27	0	1.64	5.3	1.3	2.65
	5~10	7.59	3.39	5.43	13.04	8.84	6.52
	10~15	13.83	9.43	6.91	15.71	11.31	7.86
	15~20	13.86	9.46	6.93	16.82	12.42	8.41
	\bar{X}	9.64	5.57	20.91	12.72	8.47	25.44
原垄地	0~5	4.00	0	2.00	5.35	1.35	2.675
	5~10	17.08	12.88	8.54	17.39	13.19	8.695
	10~15	19.68	15.28	9.84	19.69	15.29	9.845
	15~20	19.27	14.87	9.64	18.63	14.23	9.315
	\bar{X}	15.01	10.76	30.02	15.27	11.02	30.53
相 差		-5.37	-5.19	-9.11	-2.55	-2.55	-5.09

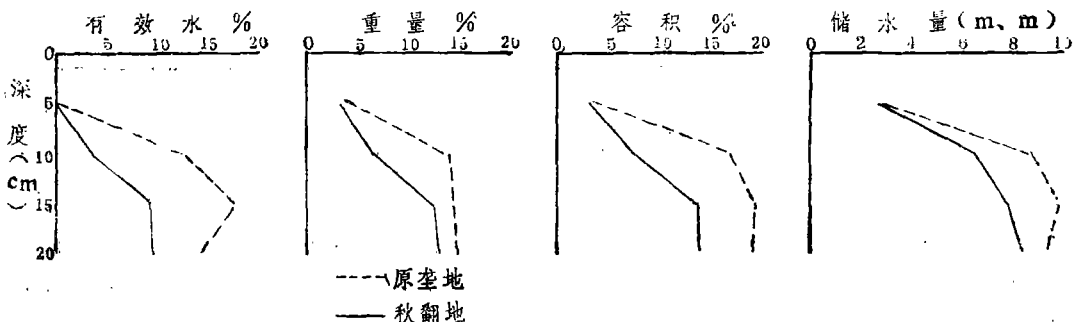


图 3

播前耕层20cm土壤水分状况图(大安, 1980)

播后土壤水分测定表明: 自播后至下透雨前, 耙茬垄播、原垄垄播耕层土壤水分都仍比平翻平播为高(表4)。

表 4

不同耕作处理的播后耕层20cm土壤水分平均值

处 理	深度 (cm)	1979				1980			
		5/28		6/30		5/31		7/24	
		容积%	储水量 (mm)	容积%	储水量 (mm)	容积%	储水量 (mm)	容积%	储水量 (mm)
耙茬垄播	0~20	18.92	47.31	21.11	52.78	20.23	40.46	21.55	43.10
原垄垄播	0~20	18.12	45.31	21.62	51.36	20.69	41.39	21.99	43.98
平翻平播(对照)	0~20	16.76	41.89	20.23	50.56	17.01	34.02	20.82	41.64

在灌溉条件下, 灌后各处理水分差异不甚明显, 但随着时间推移, 平翻平播地的土壤水分显著见少, 而到雨季来临后, 则又显著增多(详见表5)。

表 5 灌溉条件下不同处理耕层20cm土壤水分的变化(1981年)

处 理	深度(cm)	容积水分(%)		
		6/4	6/26	7/16
耙茬垄播	0~20	15.22	24.25	17.56
原垄垄播	0~20	15.30	21.65	19.25
平翻平播(对照)	0~20	15.88	21.04	21.53

在春季严重干旱条件下, 平翻平播地由于秋无封冻雨, 翻后失墒, 春无底墒可依, 不耐旱。而耙茬垄播、原垄垄播则有原垄底墒可依, 因而比平翻平播地耐旱(见表6)。

表 6 严重干旱条件下不同处理耕层土壤的几项物理指标

1980年6月2日测定(播后一个多月)

处 理	深度 (cm)	水分 (%)	容重 (g/cm ³)	容 积 (%)	孔隙率 (%)	气 相 (%)	固 相 (%)	有效水 (%)	耕层20cm	
									平均含水量 (%)	储水量 (mm)
耙茬垄播	0~5	2.35	1.10	2.59	58.49	55.90	47.51	0		
	5~10	6.68	1.23	8.22	53.59	45.97	46.41	2.48		
	10~15	11.98	1.39	16.65	47.55	30.90	52.45	7.58		
	15~20	12.51	1.42	17.6	46.42	28.66	53.58	8.11	8.38	22.92
X=11.31										
原垄垄播	0~5	3.40	1.14	3.88	56.98	58.10	43.02	0		
	5~10	9.30	1.29	12.00	51.32	39.32	48.68	5.66		
	10~15	10.06	1.385	13.93	47.74	33.81	52.26	5.10		
	15~20	10.56	1.455	15.37	45.09	29.72	54.91	6.16	8.33	22.50
X=11.30										
平播平翻 (对照)	0~5	2.83	1.05	2.97	60.38	57.41	39.62	0		
	5~10	6.88	1.185	6.97	55.28	48.31	44.72	1.68		
	10~15	7.33	1.265	9.27	52.26	42.99	47.74	2.93		
	15~20	7.66	1.265	9.69	52.26	42.57	47.74	3.26	5.93	14.45
X=7.23										

从保苗效果看出, 耙茬垄播、原垄垄播保苗率一般皆比平翻平播(对照)高些, 在干旱年不灌水时, 尤为明显(表7)。

表 7

三种耕法的保苗率 (五年十七组试验平均)

耕 法	处 理	谷 子		高 粱		玉 米				
		1977		1978	1979		1980		1981	
		1	2		1	2	1	2		
少量有效耕法	耙茬垄播		113	92	95.7	95.2	94.6	41.9	94.7	
	原垄垄播				94.0	97.0	92.5	54.4	100.0	
	平翻垄播	98.1	100	96.7	94.0	94.0	98.5	14.3	95.3	
现行耕法	平翻平播 (对照)	100.0	153 (毁种一次)		91.6	94.7	88.8	14.6	92.8	
人畜耕作	人工刨垆坐 (对照)			94.8						
备 注		灌保苗水	干旱年不灌	干旱年不灌	雨水好不灌	干旱年灌水	干旱年不灌	干旱年灌水		

平翻平播在保墒保苗方面之所以不如耙茬垄播、原垄垄播，其原因在于秋天翻地动土多，动土深，翻前十月份降水少，翻后无封冻雨补偿，冬春雨雪又少，失墒严重，不利于春天保墒保苗。而耙茬垄播、原垄垄播则以秋天不动土，春天动土少、减少水分消耗、少量有效为原则，充分利用原垄水分，用“三随”（随耙、随播、随起垄）方法播种，因而保墒保苗好。

2、不同耕法对地温的影响

从不同耕法地表与地下5厘米温度变化曲线看到：白天6时后地下温度随地表温度上升而上升，14时后地下温度则随地表温度下降而下降；18时后地下20厘米以上温度与地表温度出现交叉，有地下温度高于地表温度趋势，直至第二天6时开始上升时为止（见图4）。

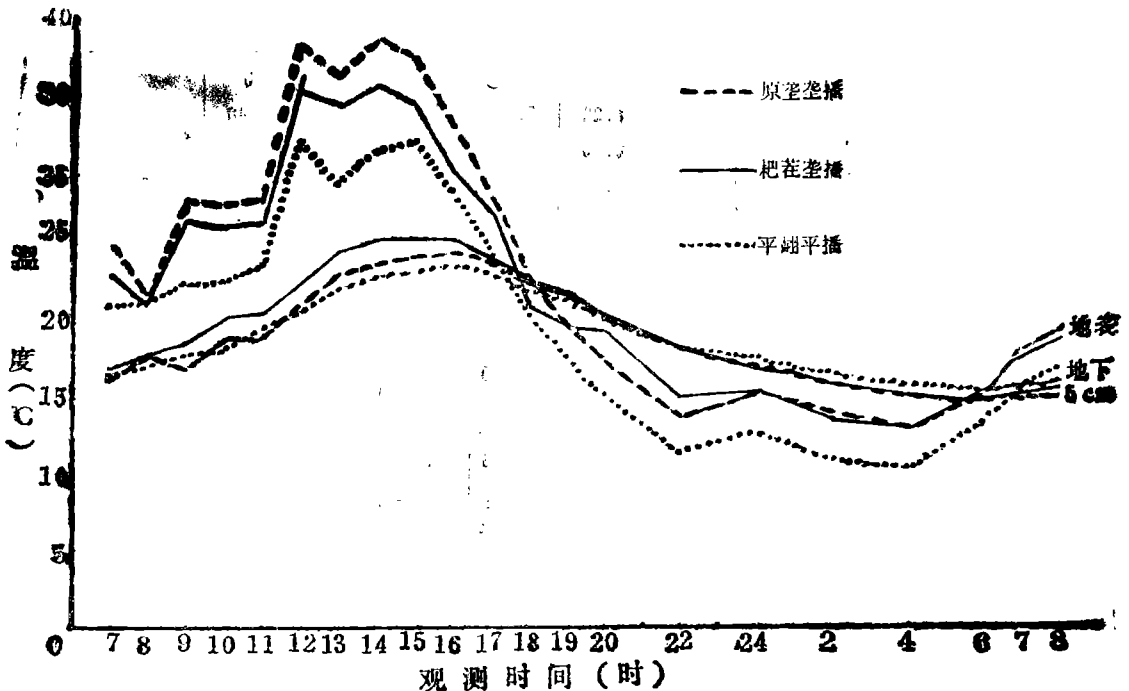


图 4 不同耕法地表、地下5厘米温度变化曲线 (1980.5.31)

从不同耕法地下5、10、20厘米温度变化曲线看到，地下各层温度的变化主要在6~24时之间，地下温度的升降趋势是，地下5厘米温度随地表温度上升而上升，但以下各层上升到最高点，则随深度依次后移。就不同耕法而言，耙茬垄播、原垄垄播种床温度都有较明显的增温效果（见图5）。

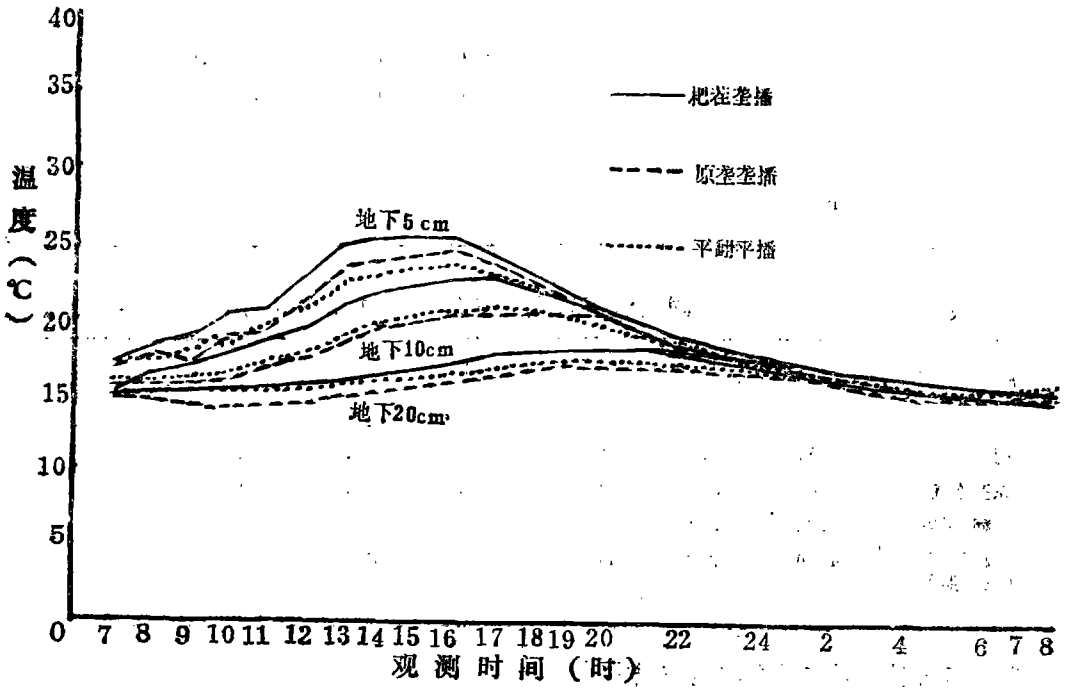


图5 不同耕法地下5、10、20厘米温度变化曲线（1980.5.31）

不同耕法各处理间地表与地下温度、地下与邻近一层温度的相关测验说明：地表影响地下温度，相邻上层影响下层，其大小皆依深度而不同（详见表8）。

表8 不同处理地表、地下温度各层相关系数测定 据1980.6.7资料

处 理	地表与地下			地下与地下		
	地表：5 cm	地表：10cm	地表：20cm	5 cm：10cm	5 cm：20cm	10cm：20cm
平翻平播（对照）	0.6604***	0.2972	-0.4582	0.9157***	0.2929	0.6705***
原垄垄播	0.6649***	0.4320*	-0.3613	0.9534***	0.3953**	0.6412***
耙茬垄播	0.5690***	0.1206	-0.4427	0.8724***	0.4381**	0.8117***

从五年地温观测结果看到：由于耙茬垄播、原垄垄播具有垄形，自上午八时至下午十六时都有太阳直射（垄坡或垄台）垄面，故而5、10、20厘米地温一般皆高于平翻平播。平翻垄播也有这一趋势，但与人工刨垅比较，因为皆有垄形，所以两相差异不显著。

总之，耙茬垄播、原垄垄播地墒情好，且具有垄形，提高了地温，有利于植株的生育。玉米的株高、茎粗、叶片数都优于平翻平播（表9、10）。

表9 不同耕法玉米、高粱、谷子生育表现(1977~1978年)单位:厘米、片

作物	处 理	苗 期		中 期			注
		株 高	叶 片 数	株 高	茎 粗	叶 片 数	
高 粱	平翻垄播	5.7	2.2				苗期、中期系两个试验的数据
	耙茬垄播			90.8	1.77	9.1	
	平翻平播 (对照)	4.3	1.9	81.3	1.53	8.4	
谷 子	平翻垄播	12.3	5.8	71.9	0.65	9.0	
	平翻平播 (对照)	7.4	5.3	65.0	0.56	7.6	
	玉 米			55.8	1.7	7.49	
	人工刨垅 (对照)			47.2	1.46	7.20	

表10 不同耕法玉米生育表现 (1979~1981年)单位:厘米、片

处 理	苗 期		中 期		后 期		注
	株 高	叶 片 数	株 高	叶 片 数	株 高	茎 粗	
耙茬垄播	18.53	3.7	88.9	10.1	245.7	2.4	各年测定的平均
原垄垄播	17.00	3.7	94.7	10.7	246.3	2.4	
平翻垄播	16.90	3.4	—	—	—	—	
平翻平播 (对 照)	14.20	3.0	77.8	9.4	240.3	2.3	

3、不同耕法对产量及其生产成本的影响

从五年试验结果看到: 机械化少量有效耕法的耙茬垄播、原垄垄播、平翻垄播都比平翻平播增产。

表11 机械化少量有效耕法作物产量结果(1977~1981年)

处 理	1977		1978		1979		1980		1981								
	1		2		3		4		5								
	斤/垧	增产%	斤/垧	增产%	斤/垧	增产%	斤/垧	增产%	斤/垧	增产%							
耙茬垄播	7075	22.0	9421	18.2	10575	10.1	8483	5.8	5699	4.3	12392	15.5	9778	9.3	12088	15.6	
原垄垄播					10308	7.3	8880	10.72			11761	9.6					
平翻垄播	7300	25.9	4433	6.8	8005	15.4	8098	0.75	4393	9.5	11329	5.6					
平翻平播(CK)	5800		4150		6935		9606		8020		4011		10729		8945		10465
人工刨垅(CK)			7820														
注	高粱干旱 年未灌	谷子灌水	玉米干旱年未灌		玉米雨水 好未灌		玉米特旱 年未灌	玉米干旱 年灌	玉米干旱 年灌	玉米干旱 年未灌							

从表11看出, 与平翻平播相比, 玉米耙茬垄播增产5.8~15.5%, 原垄垄播增产7.3~10.72%, 平翻垄播0.75~15.4%, 高粱耙茬垄播增产22%, 平翻垄播增产

25.9%；谷子平翻垄播增产6.8%。与人工刨耩相比，玉米耙茬垄播可增产18.2%。同时看到在大旱的1980年，播后无透雨，秋翻地失墒严重，平翻平播不保苗，六月份调查缺苗率竟达85.4%，致使产量特低，与耙茬垄播相比减产41.3%。

从不同耕法玉米产量柱状图（图6、7）看得十分清楚，耙茬垄播产量最高，原垄垄播次之，有时稍高，平翻垄播稍次，尤在特旱年平翻平播（对照）更次。

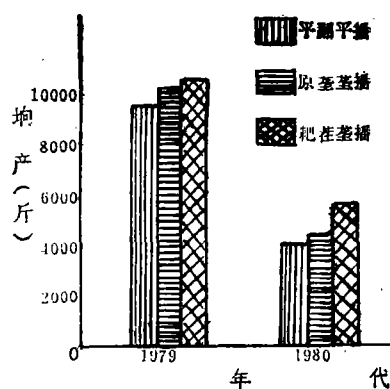


图6 不同耕法（不灌溉）玉米产量比较

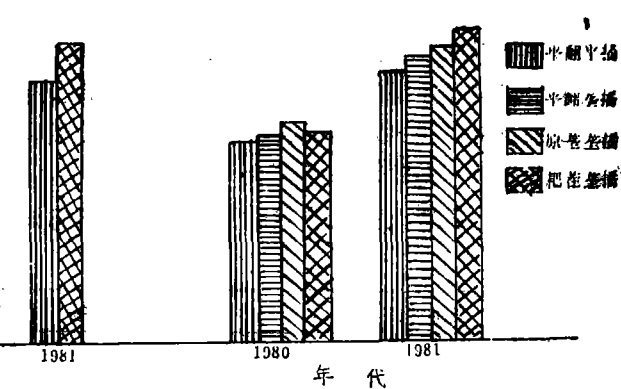


图7 不同耕法灌溉玉米产量比较

1979~1981年不同耕法处理试验地产量的变量分析结果看出，耙茬垄播、原垄垄播比平翻平播增产显著，其标准一般皆为5%平准，在干旱年更为显著，其平准达1%⁽⁵⁾。

经济效益实测说明：由于机械化少量有效耕法是符合当地自然条件的耕作措施。虽然作业环节次数减少了，产量却提高了，同时也获得了生产费用显著降低的效果。从作业环节、次数看，平翻平播约需五种农具六个环节，八、九次作业，而耙茬垄播、原垄垄播仅需三、四种农具，三、四个环节四、五次作业即可完成。

从油耗分析，平翻平播每垧油耗为59.16公斤，耙茬垄播每垧为32.05公斤，比对照减少27.11公斤，相当于平翻平播油耗的45.82%。原垄垄播每垧为18.75公斤，比对照减少40.41公斤，其油耗则相当于平翻平播的68.31%（见表12）。

表12 油 耗 分 析

处 理	作业次数	油 耗 (公斤/垧)	比 对 照 减 少		
			公斤/垧	元/垧	油耗%
耙茬垄播	5	32.05	27.11	5.29	45.82
原垄垄播	4	18.75	40.41	8.42	68.31
平翻平播 (对照)	8	59.16			

平翻平播八次作业的机耕费用，每垧需70元。耙茬垄播五次作业为42元，比对照减少开支40%；原垄垄播四次作业为32元，比对照减少开支54.3%（见表13）。机械化少量有效耕法使用农具少、还可减少社队购置费用以及国家钢材投放。

表13

机 耕 费 分 析

处 理	作业 次数	机耕费(元/垧)	与 对 照 比 较	
			元 / 垧	%
耙耱耱播	5	42	-28	-40.0
原耱耱播	4	32	-38	-54.3
平翻平播 (对照)	8	70		

自1979年以来, 连续三年以西大洼公社为重点, 在大田生产上先后使用RZG—5联合机组采用机械化少量有效耕法播种玉米、高粱、谷子、大豆、甜菜、小豆、绿豆等各种作物, 效果良好, 得到地、县、社有关领导的重视和当地群众好评。1979~1981年在灌溉或不灌溉条件下示范面积不断扩大(见表14)。

表14 机械化少量有效耕法及其联合机组试验示范面积统计表

(1977~1981) 单位: 垧

年代	总面积			播 种 作 物								
	总计	其中 试验	示范	玉 米		高 粱		谷 子	大 豆	甜 菜	绿 豆	糜 子
				灌	不灌	灌	不灌	不灌	不灌	灌	不灌	不灌
1979	97.7	8	89.7		46.6		24	18.2	9			
1980	307	7	300	23	96	16	56.6	76.3	10.5	12.4	8.7	7.5
1981	327	8	319	29	97	27	65.5	82	16		4.5	6.0
三年合计	731.7	23	708.7	52	239.5	43	146.1	176.5	35.6	12.4	13.2	13.5
所占比重 (%)	100.0	3.1	96.9	7.1	32.7	5.9	19.9	24.1	4.9	1.7	1.8	1.9

从试验示范面积统计看到: 三年来采用这类耕法与农具的面积达一万余亩, 不灌溉面积占85.3%。

从五年试验示范的十七组结果看出: 玉米耙耱耱播比平翻平播平均增产18.49%, 其增产幅度为5.8~41.3%; 原耱耱播平均增产12.8%, 其增产幅度为4.8~31.64%; 平翻耱播平均增产13.94%, 除一处减产2.9%外, 其他九处皆增产, 其增产幅度为0.75~38.0%。

四、讨 论 与 小 结

1、机械化少量有效耕法及其相应机具——联合机组有增产、节能的实效

采用本耕法的耙耱耱播、原耱耱播比平翻平播增产6~26%, 比人工刨耩增产18%。每垧减少油耗27~44公斤, 即减少油耗45~68%。机耕费每垧可减少28~38元, 即节约机耕费40~54%。

2、本耕法及其机组有很大的适应性

在灌溉条件下或是在不灌溉条件下, 不论什么茬口或播种什么作物, 在原荒地、耙耱地上还是在平翻地上都可采用本耕法及其机组。

3、采用本耕法对机具要求不很严格

采用本耕法所需的机组, 可以使用RZG—5联合作业机组, 也可采用2BZ—6播种机加改进的起耱铲来完成。

4、西部干旱地区的耕法要解决保墒保苗问题

从我省西部干旱地区的主要土壤性质看，其凋萎水在4~4.4%之间，田间最大持水量为19~21%，有效水间距在15~17%之间，根据种子吸水萌发所需要水分在常年气候条件下，采用本耕法可以得到良好效果。五年实践证明，只要保住底墒，抓住播种有利时机，根据不同地形、不同土壤质地及不同作物的不同生育期安排好各种作物的播种顺序，应用“三随”技术，在土壤水分（重量%）11~13%情况下是可以保全苗的。即使土壤水分小于11%也可以做到基本上保全苗。

5、西部干旱地区耕作机械化研究有着广阔的前途

近年由于PZQ—2.5重耙的出现并被生产大量采用，“以耙代耕”将是干旱地区耕作机械化的发展趋势。群众中有着丰富的抗旱保墒保苗经验，有待有志者去发掘、去总结、去继承；耕作蓄墒、伏墒春用、中耕管理蓄墒壮苗等问题，也有待有志者去研究。

主 要 参 考 文 献

- 〔1〕李向荣 1979 国内外耕作机械化经验教训的初步探讨 吉林省耕作学会。
- 〔2〕吴乐民 李向荣 刘文通 1983 吉林省黑土地区固有垄作耕作制度的形成和继承发展的探讨 东北三省耕作学术讨论会论文集 P.172—178.
- 〔3〕吴乐民 1979 少耕法和RZG—5联合作业机组 《农业科技通讯》 3期 P.33—35.
- 〔4〕吴乐民 1979 机械化少量有效耕法及其作业机具—RZG—5联合作业机组 《农业机械化研究通讯》11—12 P.9—15
- 〔5〕吴乐民 王满昌 曹 圃 于长富 裴 攸 1981 机械化少量有效耕法及其联合作业机组 《黑龙江农机》1期 P.36—39.