

# 沟谷地玉米生态抗逆高产栽培技术研究

张定一, 王姣爱, 姬虎太, 党建友, 张 虎, 王建军, 支虎明

(山西省农业科学院小麦研究所, 临汾 041000)

**摘 要:** “九五”期间, 我们以充分发挥沟谷地的生态资源优势 and 育壮苗、攻大穗、增粒重的玉米高产规律为结合点, 研究与明确了沟谷地高产玉米的生理机制, 组建了以秋耕起垄顶凌覆膜保墒、选用紧凑型“三大”玉米品种、施足底肥重攻拔节肥、中后期洪淤补灌等四项技术为核心的沟谷地玉米生态抗逆高产栽培技术体系, 制定了针对性强、技术准确、便于操作、简单易行的规范化技术。经大旱的 1999 年在河沟流域沟谷地大面积示范, 18 hm<sup>2</sup> 沟谷地玉米平均单产 8 142.0 kg/hm<sup>2</sup>, 接近历史最高年, 较临近的沟谷地(对照田)单产 3 750 kg/hm<sup>2</sup> 增加一倍多, 更有 12 600 kg/hm<sup>2</sup> 高产典型的出现。实践证明这一栽培技术体系是沟谷地玉米实现高产、超高产的一条突破性技术措施。

**关键词:** 沟谷地; 玉米; 生态抗逆; 栽培技术

中图分类号: S 513.047

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2000)04-0050-10

## Ecologically Adverse Resistant and High Yielding Cultivation Technique for the Corn in the Ravined Valley

ZHANG Ding-yi, WANG Jiao-ai, JI Hu-tai, DANG Jian-you, ZHANG Hu, WANG Jian-jun, ZHI Hu-ming  
(Wheat Research Institute, Shanxi Academy of Agricultural Sciences, Linfen 041000, PRC)

**Abstract:** Physiological mechanism of high yielding corn in the ravined valley was studied. Based on the results, the technical regime of ecologically adverse resistant and high yielding cultivation for the corn in the ravined gully has been constructed. The major detailed techniques for the regime are ridging-ploughing in autumn and film-mulching during the thawing time in spring, adopting compact corn varieties with big ears and grains and adequately long growing stage, fertilizing adequately at seedtime and at jointing stage and irrigating with floodwater in the middle and late. The standardized techniques have also been established. In the exemplary trial in the drought year of 1999, the average yield of corn on 18 hm<sup>2</sup> of ravined valley reached up to 8 142.0 kg/hm<sup>2</sup>, which was close to the highest record in the past years and had an advantage of 3 750 kg/hm<sup>2</sup> over the control. Some fields yielded up to 12 600 kg/hm<sup>2</sup>. Production practice showed that the technical regime is a breakthrough measure to realize the high yielding or super-high yielding aim.

**Key words:** ravined valley; corn; ecologically adverse resistant; cultivation technique

隰县试区河沟流域总耕地面积 221.1 hm<sup>2</sup>, 其中塬地占 63.0%, 坡地占 25.0%, 沟地仅占 12.2%。随着沟坝台地建设力度的加大, 增加沟谷地还有很大潜力。特别是随着塬地发展林果业等经济作物和坡地退耕还林还草农业结构的大调整, 沟谷地更是担负着稳定和发展畜牧业对饲料饲草的压力, 是实

现土地合理利用和作物种植结构调整的重要保证。沟谷地优势作物是玉米, 河沟流域沟谷地经“八五”治理和“九五”培肥, 建成面积约 18 hm<sup>2</sup> 的沟坝台田, 在水、土、肥、光资源方面有其生态优势。常年有一股 1.6~3.0 L/s 的小清泉, 并有一个蓄积量为 8.3 万 m<sup>3</sup> 的水库和两个清水塘, 可供沟谷地灌溉之

\* 收稿日期: 2000-10-13  
国家“九五”科技攻关项目黄土高原水土流失区农业综合发展技术研究第 6 专题——晋西残塬区高产型农业综合发展研究(96-004-05-06)的内容。

用,加上每年洪淤一两次,土壤贮水量可达 400 mm 左右,从根本上解决了干旱问题。同时土壤结构有了改善,肥力有了很大提高,有机质含量由 8.5 ~ 11.0 g/kg 提高到 10.8 ~ 14.1 g/kg,全氮由 0.48 ~ 0.59 g/kg 提高到 0.62 ~ 0.75 g/kg,速效氮、磷、钾相应提高到 65.8 ~ 77.0 mg/kg、14.8 ~ 16.2 mg/kg 和 138.5 ~ 157.5 mg/kg,提高了土壤供肥能力。但玉米高产仍存在着春播表墒差不能形成壮苗、伏旱严重不能形成大穗和脱肥早衰不能形成大粒的三个制约因素。

针对沟谷地的生态资源优势 and 玉米高产存在问题,“九五”期间我们立足于充分利用和发挥生态资源优势条件,改革传统不良的耕作习惯,最大限度地改善土壤生态环境,为玉米高产创造土、肥、水、热优良供给系统,实现玉米高产和超高产。

## 1 研究内容和研究方法

### 1.1 秋耕起垄覆盖保墒技术

试验设 5 个处理:(1)秋耕起垄地膜秋覆盖(秋垄秋盖);(2)秋耕起垄地膜顶凌覆盖(秋垄顶盖);(3)秋耕起垄地膜播时覆盖(秋垄播盖);(4)秋耕地膜播时覆盖(秋耕播盖 CK);(5)春耕起垄地膜播时覆盖(春耕播盖)。各处理肥料均于耕翻起垄时施于播种沟内,公顷施 N 300 kg, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 225 kg, K<sub>2</sub>O 225 kg。膜上打孔种两行玉米,密度均为 52 500 株/hm<sup>2</sup>。

### 1.2 玉米干物质积累、分配和转移规律的研究

表 2 供试玉米品种的类型

品种	LOV/(°)	株型	穗型	品种	LOV/(°)	株型	穗型
晋单 35	24.9	紧凑	大穗	晋单 33	47.8	半紧凑	大穗
晋单 37	22.7	紧凑	大穗	晋单 36	49.2	半紧凑	大穗
郑单 14	24.8	紧凑	大穗	农大 3138	53.1	半紧凑	大穗
莱 94-4	23.6	紧凑	大穗	农大 4967	50.6	半紧凑	大穗
掖单 51	21.8	紧凑	中小穗	冀玉 8 号	62.6	平展	大穗
掖单 52	21.6	紧凑	中小穗	中育 7 号	61.4	平展	大穗
西玉 3 号	23.4	紧凑	中小穗	隰单 8 号	67.3	平展	大穗
京 8459	24.6	紧凑	中小穗	旱 21/丹 85566	65.2	平展	大穗

### 1.4 玉米氮磷有机肥适宜用量及施氮时期研究

1.4.1 氮、磷、有机肥用量试验 试验地土壤为沟淤褐土,有机质 10.8 ~ 14.1 g/kg,全氮 0.62 ~ 0.75 g/kg,速效氮 65.8 ~ 77.0 mg/kg,速效磷 14.8 ~ 16.2 mg/kg,速效钾 138.5 ~ 157.5 mg/kg。氮、磷、

试验设 8 个处理,见表 1。磷钾肥全部底施,氮肥底施 30%,拔节追 30%,大喇叭口期追 40%,大喇叭口时灌水一次。生育期间分别于苗期、生理拔节期、小喇叭口期、大喇叭口期、散粉期、灌浆期、乳熟末期、完熟期取样 8 次,每处理取样 5 株,按叶片、叶鞘、茎秆、雄穗、苞叶、穗轴、籽粒分别称重,然后在 105 条件下烘 30 min,80 条件下烘干称重,并粉碎供分析。

表 1 试验处理

处理编号	1(CK)	2	3	4	5	6	7	8
N	0	300	0	0	300	300	0	300
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0	0	225	0	225	0	225	225
K <sub>2</sub> O	0	0	0	150	0	150	150	150

### 1.3 玉米品种株型生态适宜性研究

试验分品种类型和种植密度两个因素。品种 16 个,见表 2,分紧凑型、半紧凑型、平展型,按照 Pepper(1997)公式计算叶向值(LOV):

$$LOV = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n [Q(if)]i/n$$

式中:Q——叶片与茎秆连接处叶片与水平线的夹角(°);if——叶片伸展最高点到叶环的长度(cm);L——叶片总长(cm);n——样本数。密度分别为 37 500(B1)、45 000(B2)、52 500(B3)、60 000(B4)、67 500(B5) 株/hm<sup>2</sup> 共 5 个水平。磷钾肥底施,氮肥 30% 小喇叭口期追施,同时补灌 675 mm/hm<sup>2</sup>。

有机肥用量试验采用三元二次正交回归旋转组合设计,按编码值制定试验方案,见表 3。磷钾肥底施,氮肥 40% 底施,60% 大喇叭口期追施,密度 57 000 株/hm<sup>2</sup>,覆膜栽培。

表 3 试验因素水平编码

变量	代号	变量设计水平(r= 1.682)				
		- 1.682	- 1	0	1	1.682
N/(kg · hm <sup>-2</sup> )	X <sub>1</sub>	0	121.5	300	478.5	600
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /(kg · hm <sup>-2</sup> )	X <sub>2</sub>	0	60.75	150	239.25	300
M/(kg · hm <sup>-2</sup> )	X <sub>3</sub>	0	15210	37500	59790	75000

1.4.2 施氮时期试验 肥料用量为 N 450 kg/hm<sup>2</sup>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>255 kg/hm<sup>2</sup>, 有机肥 45 000 kg/hm<sup>2</sup>,

$\text{ZnSO}_4 15 \text{ kg/hm}^2$ , 在磷、钾、锌、有机肥全部底施的基础上, 采用等量氮水平不同施用时期的设计: ①基肥(1/3)+ 拔节肥(6 叶期 2/3); ④基肥(2/3)+ 拔节肥(1/3); ④基肥(1/4)+ 拔节肥(1/4)+ 穗肥(1/2); ¼ 基肥(1/3)+ 拔节肥(1/3)+ 穗肥(1/3); ½ 穗肥。覆膜栽培, 三次重复。

表 4 试验方案

肥料/( $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ )	1	2	3	4	5	6	7	8	9
N	0	0	0	150	150	150	300	300	300
$\text{P}_2\text{O}_5$	0	112.5	225	0	112.5	225	0	112.5	225

## 2 结果与分析

### 2.1 秋耕起垄覆膜保墒技术的增产机理

#### 2.1.1 不同耕作保墒措施对玉米产量的影响

表 5 不同耕作的玉米产量及产量结构

处理	产量结构				增产率/%	差异显著性		
	穗 数/ (穗 · hm <sup>-2</sup> )	穗粒数/ 粒	千粒 重/g	穗 粒 重 / 产 量/(kg · hm <sup>-2</sup> )		(5%)	(1%)	
秋垄顶盖	52560	349	312.6	109.1	5652	37.12	a	A
秋垄秋盖	52620	340	305.2	103.8	5358	29.99	ab	AB
秋垄播盖	52480	326	284.9	92.9	4740	14.99	bc	B
秋耕播盖(CK)	52470	307	274.8	84.4	4122	0	cd	B
春垄播盖	52465	289	243.7	70.4	3750	-9.03	d	B

从产量构成因素看, 秋垄顶盖较 CK 穗粒数、千粒重分别增加 13.68% 和 37.8%, 秋垄顶盖的增产效果是在确保一定密度的基础上, 通过玉米生育环境的优化, 增加穗粒数和千粒重来实现的。

#### 2.1.2 不同耕作保墒措施的土壤水分效应

由表

表 6 土壤水分对玉米产量及水分利用率的影响

处理	0~200cm 土体含水量/mm		生育期耗水量/mm	玉米产量/( $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ )	水分利用率/( $\text{kg} \cdot \text{mm}^{-1} \cdot \text{hm}^{-2}$ )
	播前	收获后			
秋垄顶盖	374.21	296.24	288.77	5652	19.57
秋垄秋盖	382.72	296.59	296.93	5358	18.05
秋垄播盖	347.86	294.26	263.84	4740	17.97
秋耕播盖(CK)	317.86	294.95	233.71	4122	17.64
春耕播盖	311.19	296.47	225.72	3750	16.61

据测定, 在玉米生育期内, 秋垄顶盖 2 m 土体土壤含水量一直处于最高状态, 这是因为秋垄顶盖隔断了垄上水分蒸发, 同时膜上降水径流于植株根际, 起集流增墒作用, 本试验沟垄比例集水率为 52%(集水率  $\beta = Y/X \times 0.832$ , 式中  $Y$  为垄宽,  $X$  为沟宽, 0.832 为径流系数), 生育期降水为 210.8 mm, 实际供给玉米生育期的水量为 320.42 mm, 相当于增加了 109.62 mm 的降雨。

#### 2.1.3 不同耕作保墒措施的土壤温度效应

根据垄上、沟内和根际土壤温度测定结果, 玉米生育期

### 1.5 特旱年玉米限额补灌水肥效应研究

试验采用裂区设计, 主区为补灌  $675 \text{ mm/hm}^2$  (6 月 18 日), 裂区分两部分内容: ①设 N、P、M、NP、NPM、CK 6 个处理(N  $127.5 \text{ kg/hm}^2$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$   $105 \text{ kg/hm}^2$ , M 为优质羊粪  $60\,000 \text{ kg/hm}^2$ ), 3 次重复; 2 因素 3 水平设计(表 4), 共计 9 个处理 3 次重复。

表 5 看出, 5 种耕作的产量顺序为: 秋垄顶盖> 秋垄秋盖> 秋垄播盖> 秋耕播盖(CK)> 春垄播盖。其中秋垄顶盖较 CK 增产  $1\,530 \text{ kg/hm}^2$ , 提高 37.12%, 差异达到极显著水平。

6 可知, 在底墒较丰富时, 玉米的产量、耗水量和水分利用率都较高。秋垄顶盖较 CK 播前土壤贮水多 56.35 mm, 增产 37.12%, 水分利用率高  $1.93 \text{ kg}/(\text{mm} \cdot \text{hm}^2)$ 。说明秋耕避免了春耕跑墒, 顶凌覆盖减少了土壤水分的损耗, 具有显著的保墒效应。

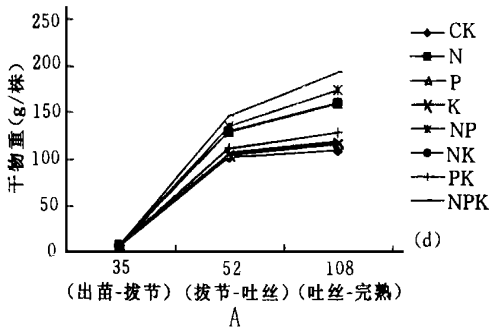
内, 垄上 5 cm 土层土壤温度较高且变幅大, 10 cm 土层土壤温度以垄上最高, 沟内最低, 根际介于二者之间, 同时根际土壤温度受垄上温度影响较大, 播种至拔节期较垄上低 0.89 ; 据根际 10 cm 土壤温度测定结果, 播种至拔节和吐丝至成熟期, 10 cm 土壤温度秋垄顶盖明显高于对照, 拔节至吐丝期二者相近。秋垄顶盖平稳适中的增温效果有利于玉米根系发育, 解决了根区覆盖前期旺长, 后期易旱的问题, 植株生长健壮, 地上地下生长平衡, 对外界环境的适应性较强。

2.1.4 施肥时期对玉米产量及耗水的影响 秋垄播盖和春垄播盖可分别代表秋施肥和春施肥, 秋施肥较春施肥玉米产量增加  $990\text{ kg/hm}^2$ , 水分利用率提高  $1.365\text{ kg}/(\text{mm} \cdot \text{hm}^2)$  (表 7)。

表 7 施肥时间与玉米产量和耗水量的关系

处理	玉米产量/ ( $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ )	生育期耗水 量/ $\text{mm}$	水分利用率/ ( $\text{kg} \cdot \text{mm}^{-1} \cdot \text{hm}^{-2}$ )
秋垄播盖(秋施)	4740	263.84	17.970
春垄播盖(春施)	3750	225.72	16.605
相差	990	38.12	1.365

分析秋施肥增产的原因, 主要是肥料的深施和早施。深施可减少肥料的挥发损失, 诱导根系下扎, 扩大根系吸收土壤养分和水分的空间, 早施肥避免了春翻耕造成的跑墒, 减少了土壤水分的损耗, 保证苗全苗壮。



2.2 玉米干物质积累、分配与转移的规律

2.2.1 玉米植株 个体干物质积累 动态 沟谷地春玉米在不同施肥处理下植株个体干物质积累表现出相似的规律性变化。植株个体干重与时间的关系表现为不明显的 S 型曲线, 个体干物质积累速度与时间的关系表现为单峰曲线(图 1)。据干物质增长曲线可将植株的生长过程大体分为指数增长期、直线增长期和缓慢增长期三个阶段。

指数增长期(出苗-拔节)历时 35 d, 其主要增重器官是叶片。此期叶面积小, 干物质积累少, 仅占植株个体总干重的 2.26% ~ 3.14%, 平均日增重 0.19 ~ 0.22 g/株。拔节后由营养生长转向营养生长和生殖生长并进期。所以此期末在栽培上正是第一次肥水管理的重要时期。

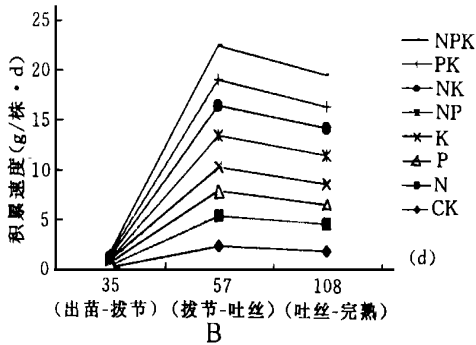


图 1 玉米植株干物质增长曲线

直线增长期(拔节-吐丝)约占整个生育期的 1/3 左右。此期进入营养生长和生殖生长并进期, 其特点是干物质增加量与时间成正比, 积累速度快, 此期干物质积累量占植株个体总干物质重的 42.17% ~ 46.86%, 平均日增重 2.36 ~ 3.45 g/株。这一阶段叶面积增长快, 同化产物多, 是干物质积累的高峰期(峰值出现在散粉期), 对水肥条件的要求也很高, 是水肥管理的关键时期。

缓慢增长期(吐丝-成熟)这一阶段主要增重器官是籽粒和穗轴, 平均日增重为 1.83 ~ 3.20 g/株, 干物质积累速度逐渐下降, 但此期干物质积累量高于直线增长期, 占植株个体干物质重的 50.00% ~ 55.57%, 故维持这一阶段较大的绿叶面积, 延缓叶片衰老, 对提高产量十分重要。

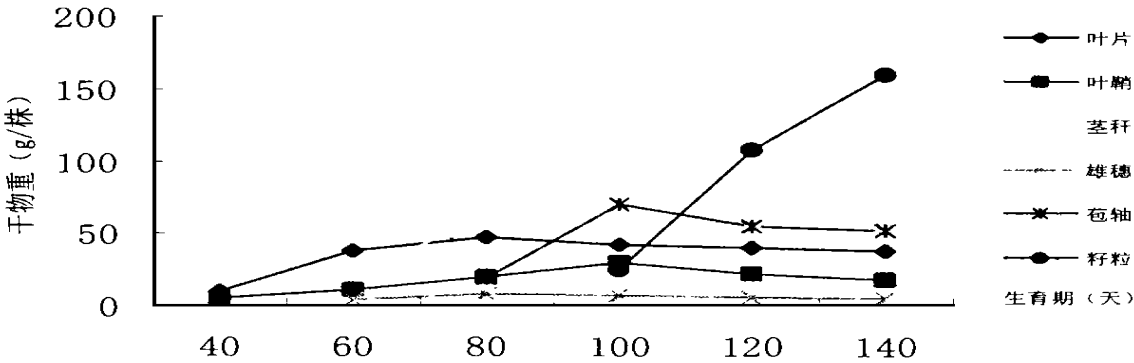


图 2 不同生育期各器官干物重的变化

综上所述, 春玉米在不同施肥条件下, 植株个体干物质积累均呈 S 形曲线变化。所不同的是: 不同施

肥处理,植株个体干物质平均日增重在指数增长期大小顺序为: NPK> NP> PK> NK> P> N> K> CK。直线增长期和缓慢增长期大小顺序为: NPK> NP> NK> N> PK> P> K> CK。这说明 NPK 配合施用能促进植株个体代谢活动,干物质合成速度加快,导致个体干物质日增重在各个阶段都明显高于其它施肥处理。

2.2.2 玉米植株各器官干物质积累动态 春玉米除籽粒外各器官干物质积累均呈单峰曲线变化(图 2)。但各器官干物质积累的峰值出现的时期因器官不同而异,叶片与雄穗出现在散粉期,叶鞘与苞轴在灌浆期,茎秆在乳熟末期。峰值过后干物质重均呈下降趋势。籽粒的干物质积累一直递增至成熟。

不同施肥处理,春玉米各器官干物重变化总趋势是一致的。但各生育时期不同器官的干物重受施肥处理的影响,在生理拔节期以前,各器官及全株干物质重由大到小顺序是 NPK> NP> PK> NK> P> N> K> CK,之后是 NPK> NP> NK> N> PK> P> K> CK。不施肥,大量单施氮肥或磷肥或任缺一种养分,由于土壤养分缺乏或失调,各器官干物质积累均低于 NPK 处理; NPK 处理由于增加和协调了土壤中的养分平衡,促进了玉米的生长发育,使各器官干物质增加。拔节前 P 肥对玉米生长发育具有明显的促进作用;拔节之后,N K 肥对各器官的发育具有显著的促进作用。

2.2.3 玉米植株干物质在各器官中的分配 不同施肥处理,干物质在各器官中的分配是随生长中心的转移而发生变化的,在小喇叭口前干物质主要分配在叶片,此期叶片干重占全株干重的 80% 左右。小喇叭口至散粉期,叶片、茎秆是光合产物的主要分配器官,也是玉米植株的生长中心,在散粉期之后,植株生长中心开始转向果穗,生殖器官是光合产物的主要分配中心,到完熟期籽粒重占全株干重的 45.1%~46.69%。

表 8 不同处理玉米产量结果

处理	产量/(kg·hm <sup>-2</sup> )	显著水平(1%)
NPK	9657.0	A
NP	8743.5	B
NK	8193.0	BC
N	8067.0	C
PK	6693.0	D
P	6342.0	DF
K	6114.0	DF
CK	5856.0	F

玉米不同施肥处理下各器官干物质积累、分配的差异最终表现在产量差异上(表 8)。

由春玉米在不同施肥处理下的产量结果(表 8)可见:不同施肥处理下的产量顺序为: NPK> NP> NK> N> PK> P> K> CK, NPK 处理较 NP、NK 分别增产 10.54% 和 17.87%,达极显著水平,较 CK 增产达 64.91%。说明在隰县试区沟谷地生态条件下,N、P、K 肥配合施用具有显著的增产作用。

2.2.4 玉米植株干物质在各器官中的转移 不同施肥处理各器官干物质向籽粒转移结果是,在玉米一生中,叶片所形成的光合产物,在散粉期以前主要用于营养器官的建成,散粉后,则供给籽粒建成;叶鞘、茎秆和苞轴的光合产物分别在灌浆、乳熟末和灌浆期以后开始向外转移,说明它们具有“源”和“库”双重作用;各器官干物质转移量占籽粒完熟期干物质总量百分数为 19.74%~32.38%,可见在生育后期各器官干物质的转移对籽粒产量的形成是很重要的。

分析不同施肥处理对植株各器官干物质向籽粒转移的影响其趋势为: CK> K> P> PK> N> NK> NP> NPK。不施肥处理叶片、叶鞘、茎秆、苞轴等器官,干物质转移速率、转移量、转移量占籽粒干物质百分数最高,而 NPK 处理,各器官干物质转移速率,

表 9 沟谷地 3 种株型玉米产量及产量结构

品种类型	密度	穗数/(穗·hm <sup>-2</sup> )	穗粒数/(粒·穗)	千粒重/g	穗粒重/(g·穗)	平均产量/(kg·hm <sup>-2</sup> )
A <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>	37524	560.1	340.2	191.4	7181.2
	B <sub>2</sub>	45018	537.6	332.8	178.9	2962.0
	B <sub>3</sub>	52517	523.4	329.1	172.1	8934.0
	B <sub>4</sub>	60008	509.6	321.7	164.8	9837.0
	B <sub>5</sub>	67487	402.6	298.1	114.4	7569.0
A <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	37536	497.7	349.2	173.4	6502.6
	B <sub>2</sub>	45039	481.2	338.7	162.6	7278.0
	B <sub>3</sub>	52514	463.8	329.6	152.4	7929.0
	B <sub>4</sub>	60012	456.4	323.4	148.7	8857.0
	B <sub>5</sub>	67491	382.3	311.7	117.2	7515.0
A <sub>3</sub>	B <sub>1</sub>	37517	572.8	336.4	192.6	7220.8
	B <sub>2</sub>	45007	564.3	321.9	174.1	7752.0
	B <sub>3</sub>	52496	567.5	304.5	172.8	9072.0
	B <sub>4</sub>	59971	450.7	298.2	134.1	7941.0
	B <sub>5</sub>	67472	402.4	271.7	109.1	7281.0
A <sub>4</sub>	B <sub>1</sub>	37532	568.4	342.5	196.3	7327.4
	B <sub>2</sub>	45011	548.8	323.3	178.6	7984.0
	B <sub>3</sub>	52486	480.2	317.6	151.7	7839.0
	B <sub>4</sub>	59964	417.3	299.4	124.6	7494.0
	B <sub>5</sub>	67461	408.2	260.4	104.1	6987.0

转移量,转移量占籽粒干物质百分数最低。说明不施肥由于后期土壤养分缺乏,各器官干物质向籽粒的转移量过大,加速了各器官特别是叶片的早衰,而影响干物质生产;氮、磷、钾配合施用使土壤养分充足,

延迟了各器官的衰老, 延长了叶片的光合时间, 提高了玉米的产量。

2. 3 沟谷地不同株型玉米品种的生态适应性

2. 3. 1 不同株型玉米品种的产量构成特点 由表 9 可以看出: 沟谷地生态条件下, 不同类型品种在不同密度获得最高产量的顺序是 A<sub>1</sub>B<sub>4</sub>(9 837 kg/hm<sup>2</sup>) > A<sub>3</sub>B<sub>3</sub>(9 072 kg/hm<sup>2</sup>) > A<sub>2</sub>B<sub>4</sub>(8 857 kg/hm<sup>2</sup>) > A<sub>4</sub>B<sub>2</sub>(7 984 kg/hm<sup>2</sup>)。经统计分析, A<sub>1</sub>B<sub>4</sub> 与 A<sub>3</sub>B<sub>3</sub> 间差异达极显著水平。说明黄土高原沟谷地生态条件下选紧凑大穗型品种 60 000 株/hm<sup>2</sup> 的密度可获得高产。

由表 9 可知, 各类型品种产量与密度的关系都为一抛物线, 各品种类型达到最高产量的主要产量性状有明显差异。紧凑大穗型品种(A<sub>1</sub>) 获得最高产量 9 837 kg/hm<sup>2</sup> 的产量结构为 60 008 穗、每穗 509. 6 粒、千粒重 321. 7g; 紧凑中小穗型品种(A<sub>2</sub>) 因穗粒数限制, 最高产量较 A<sub>1</sub> 低 980 kg/hm<sup>2</sup>; 半紧凑型品种(A<sub>3</sub>) 与平展型品种(A<sub>4</sub>) 随密度的增加产量性状显著变差而减产。因此, 在黄土高原沟谷地生态条件下, 选用紧凑大穗型品种, 在保持穗粒数、千粒重不降低的前提下适当增加公顷株数, 使穗数、穗粒数、千粒重平衡在较高水平上, 是实现高产的有效途径。公顷产 9 750 kg 以上较合理的产量结构是: 每公顷 60 000 穗、穗粒数 500 ~ 550 粒、千粒重 320 ~ 340 g。

2. 3. 2 玉米穗分化和灌浆时期对产量结构的影响

经对供试品种生育期观察, 不同株型的玉米品种拔节至吐丝期历时较长, 一般都在 40 d 左右, 有利于小花分化, 为形成大穗奠定了高产基础。

2. 3. 3 不同株型玉米品种子粒干物质积累的动态变化 玉米吐丝后, 每隔 10 d 测定 4 种类型 16 个品种的干物质重。3 种株型 4 个类型玉米品种籽粒灌浆过程均呈 ‘S’ 曲线(60 000 株/hm<sup>2</sup>), A<sub>1</sub>、A<sub>2</sub>、A<sub>3</sub> 在开始前 20 d 干物质积累速率较 A<sub>4</sub> 低, 20 d 后, A<sub>1</sub> 和 A<sub>2</sub> 积累速率加快, 30 d 后干物质积累超过 A<sub>4</sub>, 这与紧凑型玉米品种田间通风透光条件好, 籽粒灌浆期长, 保持绿叶面积多有关, 据调查紧凑型品种成熟期叶面积系数仍达到 2. 0。

2. 4 施肥量及施氮时期与玉米产量的关系

2. 4. 1 玉米施肥效应及其最佳施肥方案的确定 将 23 个试验小区产量折合成 1/ 15 hm<sup>2</sup> 产量(表 10), 把数据输入 PC- 1500A 微机进行运算与统计分析, 获得以下氮、磷、有机肥用量的数学模型。

表 10 试验产量结果

处理	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	产量/ (kg · hm <sup>-2</sup> )	处理	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	产量/ kg · hm <sup>-2</sup>
1	1	1	1	10875	13	0	0	1. 682	8700
2	1	1	- 1	9960	14	0	0	- 1. 682	8385
3	1	- 1	1	8130	15	0	0	0	9600
4	1	- 1	- 1	8715	16	0	0	0	9990
5	- 1	1	1	8600	17	0	0	0	10350
6	- 1	1	- 1	8355	18	0	0	0	8850
7	- 1	- 1	1	8475	19	0	0	0	9570
8	- 1	- 1	- 1	7650	20	0	0	0	10500
9	1. 682	0	0	9780	21	0	0	0	9630
10	- 1. 682	0	0	6600	22	0	0	0	9900
11	0	1. 682	0	9030	23	0	0	0	10125
12	0	- 1. 682	0	8340					

$$Y = 654. 67 + 43. 68X_1 + 34. 07X_2 + 14. 30X_3 + 18X_1X_2 - 14. 5X_1X_3 + 16X_2X_3 - 30. 702 9X_1^2 - 18. 954 5X_2^2 - 22. 336 6X_3^2 \quad (1)$$

经统计检验:  $F_1 = 2. 488 < F_{0. 05} = 3. 69$ ,  $F_2 = 5. 175 > F_{0. 01} = 4. 19$ , 复相关系数  $R = 0. 884 2 > R_{0. 01} = 0. 665 0$ 。说明回归方程所得理论产量与实际产量高度拟合, 方程有效。根据函数性质, 将模型(1) 分别对  $X_1$ 、 $X_2$  和  $X_3$  求导, 令其等于零, 求出最大施肥量。 $X_1 = 0. 711 4$ ,  $N_{\max} = 426. 75 \text{ kg/hm}^2$ ;  $X_2 = 0. 793 4$ ,  $P_2O_5_{\max} = 220. 8 \text{ kg/hm}^2$ ;  $X_3 = 0. 320 1$ ,  $M_{\max} = 44 635. 0 \text{ kg/hm}^2$ ;  $Y_{\max} = 10 476. 4 \text{ kg/hm}^2$ 。但在生产实践中,  $Y_{\max}$  方案并不是生产意义上的最优方案。因为, 在生产实际中, 需要考虑投入的经济效益和随机干扰。因此, 采用产量频率分析法, 在  $- 1. 682 \sim 1. 682$  的区间内, 经计算机运算 125 套组合方案中, 玉米籽粒产量  $9 750 \text{ kg/hm}^2$  的组合方案共 24 套(表 11)。由表 11 可知, 玉米施肥量  $X_i$  编码取值区间分别为:  $X_1 = 0. 626 - 1. 188$ ,  $X_2 = 1. 015 - 1. 443$ ,  $X_3 = - 0. 094 - 0. 823$ 。即玉米在种植密度  $57 000 \text{ 株/hm}^2$  的条件下, 最佳施肥方案为:  $N 411. 6 \sim 512. 0 \text{ kg/hm}^2$ ,  $P_2O_5 240. 6 \sim 278. 9 \text{ kg/hm}^2$ , 有机肥  $35 404. 7 \sim 55 844. 7 \text{ kg/hm}^2$ , 可实现公顷产量大于  $9 750 \text{ kg}$ 。

2. 4. 2 氮、磷、有机肥对产量的影响

(1) 主要因素效应。模型(1) 中常数项反映氮、磷、有机肥施用量均在零水平(公顷施  $N 300 \text{ kg}$ ,  $P_2O_5 150 \text{ kg}$  和有机肥  $37 500 \text{ kg}$ ) 条件下的玉米产量  $9 820. 1 \text{ kg/hm}^2$ , 比无肥区玉米产量高  $4 593. 0 \text{ kg/hm}^2$ , 增产  $87. 9\%$ , 表明施肥增产效果非常明显。经无量纲线性编码代换后,  $b_i$  大小可直接反映变量  $X_i$  对产量的影响程度。直接比较一次项回归系数,  $b_1 > b_2 > b_3$ , 说明三种肥料不同程度地对产量都有影响。因此, 生产上应重视氮、磷、有机肥的合理配合施

用。

表 11 玉米公顷产量 9 750 kg 的  $X_i$  取值频率分析

项目	$X_1/\text{N}$		$X_2/\text{P}_2\text{O}_5$		$X_3/\text{有机肥}$	
	次数	频率/ %	次数	频率/ %	次数	频率/ %
自变量	- 1. 682	0	0	0	0	1
编码	- 1	0	0	0	0	4
水平	0	7	29. 2	2	8. 4	8
	1	10	41. 6	11	45. 8	6
	1. 682	7	29. 2	11	45. 8	5
合计		24	100	24	100	24
编码加权平均		0. 907		1. 229		0. 364
标准误		0. 135		0. 103		0. 220
95% 置信区间		0. 626 ~ 1. 188		1. 015 ~ 1. 443		- 0. 094 ~ 0. 823
组合措施/( $\text{kg}/\text{hm}^{-2}$ )		411. 6 ~ 512. 0		240. 6 ~ 278. 9		35404. 7 ~ 55844. 7

(2) 氮、磷、有机肥单因素效应。采用“降维法”，在模型(1)中分别将两个变量固定在零水平，即可得到一组子模型。

$$Y_1= 654. 67+ 43. 68X_1- 30. 70X_1^2$$
$$Y_2= 654. 67+ 34. 07X_2- 18. 95X_2^2$$
$$Y_3= 654. 67+ 14. 30X_3+ 22. 3366X_3^2$$

(2)

将各项编码值代入数学模型(2)，求得表 12。表 12 的变异系数表明，氮肥对玉米产量影响最大，磷肥次之，有机肥最小。

表 12 各施肥因素不同水平下的产量  $\text{kg}/\text{hm}^2$

变量因素	试验水平					变异系数/ %
	- 1. 682	- 1	0	1	1. 682	
$X_1(\text{N})$	7415. 2	8704. 4	9820. 1	10014. 8	9619. 3	11. 79
$X_2(\text{P}_2\text{O}_5)$	8156. 3	9024. 8	9820. 1	10046. 8	9877. 0	8. 44
$X_3(\text{有机肥})$	8511. 4	9270. 5	9820. 1	9699. 5	9232. 9	5. 52

表 13 施氮时期的玉米产量性状结果

处理	空秆/(个· $\text{hm}^{-2}$ )	穗长/cm	秃尖/cm	穗行数/行	穗粒数/粒	千粒重/g	理论产量/ ( $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ )	实际产量/ ( $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ )
<sup>1</sup>	750	22. 6	0. 6	14. 8	649. 8	360. 1	13162. 1	10532. 7
④	1125	21. 9	0. 6	14. 0	601. 1	353. 0	11856. 0	9508. 0
④	1125	21. 0	1. 2	13. 7	553. 8	345. 8	10700. 3	8565. 2
$\frac{1}{4}$	3750	20. 4	1. 5	13. 1	498. 7	341. 2	9060. 8	7254. 6
$\frac{1}{2}$	3765	20. 3	1. 7	12. 6	483. 2	342. 3	8805. 0	7038. 9

本试验条件下，氮肥以 30% 作基肥，70% 作追肥 2 个时期施肥产量最高，肥料报酬最高。处理<sup>1</sup> 比处理④增产 10. 8%，比处理④增产 23. 0%，比处理 $\frac{1}{4}$  增产 45. 2%，比处理 $\frac{1}{2}$  增产 49. 6%。因此，沟谷地玉米施氮原则是施足基肥，重施拔节肥。

2. 5 玉米限额补灌补肥及洪淤对产量的影响

2. 5. 1 水分- 产量效应 由表 14 可以看出：特旱年玉米小喇叭口期灌水效果十分明显，平均公顷增

(3) 氮、磷、有机肥互作效应。根据函数性质，求得  $Y_{\max}$  时各项施肥对应值为  $X_1= 0. 711\ 4$ ， $X_2= 0. 793\ 4$ ， $X_3= 0. 320\ 1$ ，这与(1)式的极点值  $X_1= 1$ ， $X_2= 1$ ， $X_3= 1$  存在差异，说明各项施肥因素的互作效应对玉米产量有一定影响。从(1)式交互项回归系数可知，氮肥和磷肥( $X_1X_2$ )，磷肥和有机肥( $X_2X_3$ ) 为正交互效应，氮肥和有机肥( $X_1X_3$ ) 为负交互效应，由此可以说明，有机肥用量的增加可以减少氮肥的投入量。

2. 4. 3 施氮时期对玉米产量的影响 氮肥的施用时期不同，对玉米植株、经济性状及产量结果都有一定的影响(表 13)。

产 2 171. 5 kg，增产率 89. 27%，灌水生产率为 3. 217  $\text{kg}/\text{mm}$ 。同时，N、NP、NPM 处理，在特旱年，玉米小喇叭口期灌水分别增产 120. 53%、122. 43% 和 148. 21%，高于对照增产效果 93. 65%。而 M 和 P 处理的增产率分别为 11. 90% 和 33. 78%，低于对照的灌水增产效果。由此说明，水分可以明显地提高氮肥的利用率。

表 14  灌水与未灌水的产量结果

处理	灌 水 效 应 平 均 产 量/ (kg · hm <sup>-2</sup> )		施肥效应灌水						未灌水	
	灌水	未灌水	增 产 量/ (kg · hm <sup>-2</sup> )	增产率/%	施 肥 效 应 灌 水					
					增 产 量/ (kg · hm <sup>-2</sup> )	增产率/%	增 产 量/ (kg · hm <sup>-2</sup> )	增产率/%	增 产 量/ (kg · hm <sup>-2</sup> )	增产率/%
CK	2286. 0	1180. 5	1105. 5	93.65	0	0	0	0	0	0
M	3202. 5	2862. 0	340. 5	11. 90	916. 5	40. 1	1681. 5	142. 4		
N	4962. 0	2250. 0	2712. 0	120. 53	2676. 0	117. 1	1069. 5	90. 6		
P	3160. 5	2362. 5	798. 0	33. 78	874. 5	38. 3	1182. 0	100. 1		
NP	6306. 0	2835. 0	3471. 0	122. 43	4020. 0	175. 8	1654. 5	140. 2		
NPM	7707. 0	3105. 0	4602. 0	148. 21	5421. 0	237. 1	1924. 5	163. 0		

2. 5. 2   肥料- 产量效应   由表 14 可以看出, 特旱年在未灌水的条件下, 3 种肥料单施, 增产效果为 M > P> N; 配合施用的增产效果为 NPM> NP。由此说明, 有机肥具有良好的抗旱增产效果。在灌水条件下, 3 种肥料单施, 增产效果为: N> M> P, 氮肥和

水分的交互作用明显。  
2. 5. 3   氮肥- 产量效应   由表 15 可以看出, 特旱年在各种磷肥的基础上施氮肥均表现增产。但增产效果低得多, 氮肥肥效受到极大抑制。

表 15  灌水与未灌水氮肥肥效

P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /(kg · hm <sup>-2</sup> )	N / ( kg · hm <sup>-2</sup> )	灌 水			未 灌 水		
		产 量/( kg · hm <sup>-2</sup> )	增产量/(kg · hm <sup>-2</sup> )	增产率/%	产 量/( kg · hm <sup>-2</sup> )	增产量/(kg · hm <sup>-2</sup> )	增产率/%
0	0	2344. 5	0	0	1204. 5	0	0
	150	4792. 5	2448. 0	104. 4	2217. 0	1012. 5	84. 1
	300	5137. 5	2793. 0	119. 1	1545. 0	340. 5	28. 3
112. 5	0	3004. 5	0	0	2223. 0	0	0
	150	5350. 5	2346. 0	78. 1	2896. 5673. 5	30. 3	
	300	5698. 5	2694. 0	89. 7	3027. 0	804. 0	36. 2
225. 0	0	3327. 0	0	0	2350. 5	0	0
	150	6034. 5	2707. 5	81. 4	3088. 5	738. 0	31. 4
	300	6687. 0	3360. 0	101. 0	3153. 0	802. 5	34. 1

2. 5. 4   磷肥- 产量效应   由表 16 看出, 特大干旱年在各种氮肥基础上施磷肥均表现增产。虽然未灌

水的产量整体上比灌水的产量低得多, 但未灌水磷肥的增产率较灌水的增产率高的多。

表 16  灌水与未灌水磷肥肥效

N/(kg · hm <sup>-2</sup> )	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /(kg · hm <sup>-2</sup> )	灌 水			未 灌 水		
		产量/( kg · hm <sup>-2</sup> )	增产量/( kg · hm <sup>-2</sup> )	增产率/%	产量/( kg · hm <sup>-2</sup> )	增产量/( kg · hm <sup>-2</sup> )	增产率/%
0	0	2344. 5	0	0	1204. 5	0	0
	112. 5	3004. 5	660. 0	28. 2	2223. 0	1018. 5	84. 6
	225. 0	3327. 0	982. 5	41. 9	2350. 5	1146. 0	95. 1
150	0	4792. 5	0	0	2217. 0	0	0
	112. 5	5350. 5	558. 0	11. 6	2896. 5	679. 5	30. 6
	225. 0	6034. 5	1242. 0	25. 9	3088. 5	871. 5	39. 3
300	0	5137. 5	0	0	1545. 0	0	0
	112. 5	5698. 5	561. 0	10. 9	3027. 0	1482. 0	95. 9
	225. 0	6687. 0	1549. 5	30. 2	3153. 0	1608. 5	104. 1

2. 5. 5   水肥对穗部性状的影响   表 17 表明, 特旱年玉米小喇叭口期灌水增产效果明显, 是由于改善了玉米穗部性状, 穗长增加, 秃尖减少, 穗粒数和千粒重增加。未灌水条件下, 单施氮肥增产幅度低得多, 其原因是穗粒数和千粒重比对照增加不大。说明

土壤湿度降低到一定程度, 单施氮肥效果不大。单施磷肥, 在未灌水条件下增产率大于灌水条件下增产率, 其原因是穗粒数和千粒重比对照增加很多, 说明特旱年施磷可明显改善玉米产量构成因子。



表 17 玉米产量性状结果

处理	灌水					未灌水				
	穗长/cm	秃尖/cm	穗行数/行	穗数数/粒	千粒重/g	穗长/cm	秃尖/cm	穗行数/行	穗数数/粒	千粒重/g
CK	18.6	3.0	13.0	259.4	188.9	17.4	3.5	13.0	201.3	183.2
M	22.1	2.5	13.1	301.3	207.8	20.6	2.9	12.6	291.6	195.3
N	22.3	2.8	13.2	351.7	268.9	21.2	3.1	12.8	258.3	187.5
P	21.9	2.0	13.4	308.1	191.8	20.8	2.8	12.6	261.1	190.2
NP	22.5	1.6	14.0	386.7	209.8	21.2	1.6	13.6	289.7	194.8
NPM	23.1	1.1	14.5	458.0	308.9	21.5	1.1	13.6	295.1	198.7

2.5.6 洪淤- 产量效应 1999 年正当玉米抽雄的需水关键时期, 沟谷地 0~100 cm 土壤含水量降到 7.0%~11.5%, 玉米开始出现旱象时, 河沟村组织力量于 7 月份两次较大暴雨后洪水淤地 4.7 hm<sup>2</sup>, 收到明显的增产效果, 玉米公顷产均在 10 500~12 000 kg, 而未洪淤的玉米, 公顷产仅为 7 500~9 000 kg, 见表 18 品种示范田的调查结果。

表 18 洪淤补灌增产效果

品种	洪淤	玉米公顷产/kg	洪淤增产/%
农大 108	洪淤	12619.5	
	CK	9123.0	38.3
晋单 35	洪淤	12063.0	
	CK	10080.0	19.7

洪淤的作用不仅解决了当年玉米的抗旱增产问题, 而且为培养和建设高产稳产的沟坝台地打好水肥基础。经秋后田间土壤水分测定, 表 19 结果看, 尽管今年玉米生产期间降雨较常年减少 52%, 洪淤的玉米地 0~60 cm 土壤含水量平均为 21.5%, 土壤贮水量为 144.9 mm, 较未洪淤的对照田土壤含水量增加 10.4 个百分点, 土壤贮水量增加 69.9 mm, 为沟谷地来年玉米连续地高产提供了重要的水分保证。

表 19 洪淤对来年土壤水分的影响

深度/cm	洪淤		对照		洪淤较对照增加	
	含水量/%	贮水量/mm	含水量/%	贮水量/mm	含水量/%	贮水量/mm
0~20	24.5	55.1	18.4	41.4	6.1	13.7
20~40	22.7	51.1	7.4	16.7	15.3	34.4
40~60	17.2	38.7	7.5	16.9	9.7	21.8
0~60	21.5	144.9	11.1	75.0	10.4	69.9

3 试验研究结论与栽培技术规范

3.1 试验研究结论

3.1.1 沟谷地秋耕起垄顶凌覆膜效果最好 沟谷地秋耕起垄、顶凌覆膜保墒壮苗效果最好, 较传统春耕覆膜土壤多蓄水 56.35 mm, 耕层土壤含水量在播种、出苗、拔节期间分别增加 4.0, 5.3, 2.8 个百分

点, 实现了苗全、苗齐、苗壮, 株高增加 13.0 cm, 单株叶片增加 1.3 片, 为玉米高产打下了坚实的壮苗基础。最后较对照增产 37.12%, 水分利用率提高了 1.93 kg/(mm·hm<sup>2</sup>)。

3.1.2 高产玉米干物质积累、分配和转移规律 高产玉米干物质积累、分配和转移规律是: 玉米叶片、叶鞘、茎秆、雄穗和穗轴各器官干物质积累呈单峰曲线变化, 积累最大时期为散粉期; 干物质分配随生长中心转移而变化, 小喇叭口前主要分配在叶片, 小喇叭口到散粉期主要分配在茎秆和叶片中, 散粉后则转向果穗; 干物质转移在穗轴前期植株贮存养分占籽粒重的 19.74%~32.38%, 后期叶片光合产物占籽粒重的 67.62%~80.62%。干物质的积累、分配、转移整个过程和水肥条件关系极为密切。由此说明: 施足底肥增加苗期干物质积累是高产的基础, 中期追肥增加干物质向茎秆、穗轴分配形成壮秆大穗, 后期不脱肥早衰提高叶片光合效率, 增加光合产物占完熟期籽粒重量的 80% 以上, 是沟谷地玉米高产的生理基础。

3.1.3 沟谷地对玉米品种的生态型要求 沟谷地水肥条件好, 且玉米穗分化时间长达 40 d 以上, 有利小花分化和穗粒数增加, 再加上地膜增温效应, 使积温增加 350 左右的生态优势, 因此, 紧凑型耐密品种和大穗大粒大日期的“三大”型品种, 是其选用高产品种的理论依据。筛选出晋单 35、农大 108 等是替代丹玉 13 号的理想高产品种, 其合理的高产结构是: 60 000穗/hm<sup>2</sup>×500~550 粒/穗×320~340 g/千粒重。

沟谷地最佳施肥方案和施氮技术。沟谷地高产玉米 N(X<sub>1</sub>)、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>(X<sub>2</sub>)、有机肥(X<sub>3</sub>) 的施肥的数学模型是:

$$Y = 654.67 + 43.68X_1 + 34.07X_2 + 14.30X_3 + 18X_1X_2 - 14.5X_1X_3 + 16X_2X_3 - 30.7029X_1^2 - 18.9545X_2^2 - 22.3366X_3^2$$

高产玉米最佳施肥方案是: N411.6~512.0 kg/hm<sup>2</sup>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>240.6~278.9 kg/hm<sup>2</sup>, 有机肥 35 404.7~55 844.7 kg/hm<sup>2</sup>; 而且在磷肥、有机肥

全部底施的基础上, N 肥在施用时期上, 以 30% 作基肥, 70% 拔节期重追, 肥料报酬最高, 穗粒数可增加 166.6 粒, 千粒重提高 17.8 g, 可达 9 750 kg/hm<sup>2</sup> 以上, 增产 37.8%。

3.1.4 沟谷地玉米中后期补灌洪淤增产显著 玉米生长中后期小水补灌和洪水淤地增产显著。在需水最关键的小喇叭口时期利用小泉小水补灌适量水, 可增产玉米 2 171.5 kg/hm<sup>2</sup>, 增产率可达 89.27%, 灌水生产效率为 3.217 kg/mm; 增产主要在穗部结构上, 穗长增加, 秃尖减少, 穗粒数和千粒重增加, 且补灌可大大提高肥料的增产效应, 磷肥提高 95.1%, 氮肥提高 28.3%。玉米生长中后期洪淤可增产 19.7% ~ 38.7%, 0 ~ 60 cm 土壤贮水量可增加 69.9 mm, 为来年抗旱增产创造了有利的土壤水分条件。

3.2 沟谷地玉米生态抗逆高产栽培技术体系及其技术规范

根据以上研究结果, 我们以充分发挥沟谷地的生态优势和育壮苗、攻大穗、增粒重的玉米高产规律为结合点, 组建了以秋耕顶覆保全墒, 选用紧凑型“三大”品种, 施足底肥重攻拔节肥、利用径流洪淤补灌等四项技术为核心的生态抗逆高产栽培技术体系, 其栽培技术操作规范是:

3.2.1 秋耕顶覆保全墒技术 秋收后趁墒秋耕翻 25 cm 深, 并按 100 cm 宽起 10 cm 高的沟垄, 待来

春顶凌期表墒尚饱时修垄覆膜; 4 月下旬在膜上打孔播种两行玉米, 膜上两行玉米宽 40 cm, 株距 33.3 cm, 每穴播籽 3 ~ 5 粒, 播深 6 ~ 8 cm, 种籽要求药剂包衣; 出苗后及时疏苗, 为防晚霜冻害发生, 5 月中旬视天气情况再定苗, 留苗密度为 60 000 株/hm<sup>2</sup>; 为了提高覆膜的增温保墒育壮苗的效果, 及时整膜和封口, 以闷死萌发的杂草。

3.2.2 选用紧凑型“三大”高产玉米品种 选用紧凑型的大穗、大粒、大日期的“三大”玉米高产品种晋单 35、农大 108 等。

3.2.3 施足底肥, 重攻拔节肥的施肥技术 沟谷地高产玉米最佳施肥量为 N 411.6 ~ 512.0 kg/hm<sup>2</sup>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 240.6 ~ 278.9 kg/hm<sup>2</sup>, 有机肥 35 404.7 ~ 55 844.7 kg/hm<sup>2</sup>。其中磷肥、有机肥全部底施, 氮肥 30% (约 123 kg/hm<sup>2</sup>) 底施, 其余 70% (约 290 kg/hm<sup>2</sup>) 留作拔节期追肥施用。

3.2.4 抓住时机进行洪淤补灌 6 ~ 7 月份是旱季, 利用小泉小水补灌, 在土地不平整难以进行灌溉的地块, 可开展小型管道式活动喷灌, 解决前期干旱问题。另外, 径流洪水是个季节性的丰富水资源, 6 月中下旬一般就有一两次降雨发生, 7、8 月更是大雨、暴雨发生的主要季节, 及早修整渠系和进排水口, 抓紧时机进行补灌, 一般于玉米中后期洪淤一到两次是可能的, 另外对一些低洼地块, 也要注意及时排水, 防止玉米遭受渍害。

参考文献

1 何启明. 旱作沟垄地膜覆盖农田气候工程集水率的计算及其效应评价[J]. 干旱地区农业研究, 1992, (10)

(上接第 31 页)

参考文献

1 李克煌. 论降雨径流的集存[J]. 水土保持学报, 1994, 8(8)  
2 王文龙, 等. 黄土高原雨水人工汇集研究[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1998, 4(2): 77 ~ 81  
3 李占斌, 等. 干旱半干旱地区雨水利用实验研究[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1998, 4(5): 73 ~ 78  
4 水利部农村水利司. 节水灌溉技术标准选编[S]. 北京: 中国水利水电出版社, 1998  
5 王文焰, 等. 黄土浑水入渗能力的试验研究[J]. 水土保持学报, 1994, 8(1): 59 ~ 62  
6 段喜明, 等. 晋西黄土残塬区旱井集雨技术研究[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1999, 5(3)