

不同施肥方式下半干旱区全膜双垄沟播玉米干物质积累规律及高产施肥技术研究

张平良^{1,2} 郭天文^{*1,2} 吕军峰^{1,2}

(1. 甘肃省农业科学院旱地农业研究所, 兰州 730070; 2. 甘肃省旱作区水资源高效利用重点实验室, 兰州 730070)

摘要: 采用田间试验的方法研究玉米干物质积累规律及高产施肥技术。结果表明, 在不同施肥方式下, 玉米各生育期全株、籽粒、叶片、茎秆 + 穗芯干物质积累均呈现出“S”型曲线变化规律, 玉米全株干物质质量均随生育期的延长而增长; N、P₂O₅ 和 K₂O 的用量分别为 15 公斤/亩、8 公斤/亩、6 公斤/亩时, 玉米产量最高, 可达到 601.9 公斤/亩, 明显高于其它处理, 表明玉米在全膜双垄沟播栽培技术条件下, 平衡施肥可显著增加玉米籽粒产量, N、P、K 缺素施肥及不施肥都会对玉米产量造成不同程度的影响。

关键词: 全膜双垄沟播玉米; 干物质积累; 高产施肥^[1]

玉米全膜双垄沟播栽培技术是旱作农业的一项突破性创新技术, 该项技术集覆盖抑蒸、膜面集雨、垄沟种植技术为一体, 最大限度地储蓄自然降水, 使地面蒸发降到最低, 特别能使春季 10 毫米以下的降雨集中入渗于作物根部, 被作物有效利用, 实现了集雨、保墒、增产^[1-3]。该项技术适宜在年降水 300~500 毫米的旱作农业区推广^[1,4], 为了配套全膜双垄沟播栽培技术大面积推广, 在此项技术改变了土壤水、热条件基础上, 开展玉米干物质积累规律和高产施肥试验研究, 探索寻求全膜双垄沟播玉米高产施肥技术, 对指导农民合理施肥, 实现玉米产业高产优质高效具有重要作用, 对于提高旱作农业区综合生产能力, 确保我省粮食安全、促进旱作农业区经济稳步发展意义重大。



海拔约 1932~2520 米, 年平均温度 5.6℃, 年蒸发量 1531 毫米。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验设在定西市安定区团结镇唐家堡(地理位置: E104°35', N35°36'), 是黄土高原半干旱 400 毫米降水量旱作农区的典型代表, 土壤类型为黄绵土, 质地为粘壤土, 肥力中等^[5]。降雨季节分布不均, 多集中在 7、8、9 三个月。

1.2 试验材料

试验地耕层(0-20cm)土壤养分状况见表 1, 2005-2009 年 1 月至 9 月降水资料见表 2。玉米品种为沈单 16 号, 肥料品种为尿素(N 46%)、过磷酸钙(P₂O₅ 12-16%)、氯化钾(K₂O 60%)。

表 1 土壤养分状况

PH 值	OM (%)	NH ₄ -N	NO ₃ -N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Cu	Mn	Zn	B
8.26	0.71	1.7	15.4	30.5	145.2	2215.3	169.9	17	10.7	1.9	3.1	2.2	1.99

基金项目: 国际植物营养研究所(IPNI)项目(BPC-Gansu Potato-2012)资助。

作者简介: 张平良(1981-), 男, 助理研究员, 硕士, 从事旱作农业、植物营养与土壤肥料研究。

E-mail: zhangpl2007@163.com。

* 通讯作者: 郭天文(1963-), 男, 研究员, 从事旱作农业、植物营养与土壤肥料研究。E-mail: guotw2007@hotmail.com。

表 2 2005-2009 年 1-9 月份降水量

处 理	降水量(毫米)									
	1 月份	2 月份	3 月份	4 月份	5 月份	6 月份	7 月份	8 月份	9 月份	合计
2005	3	10.9	11.2	36.6	88	55.3	119.7	37.6	71.9	434.2
2006	2.1	18.8	11.9	12.3	76.4	37.4	104.9	93.2	63.5	420.5
2007	1.9	0.2	25.6	21	14.6	91.1	74.9	98.9	75.3	403.5
2008	13.6	3.4	2.7	17.5	30.5	62.3	58.6	97.5	94.5	380.6
2009	2.2	9.8	14	12.9	28.5	19.5	68.2	106.6	10.1	271.8

1.3 试验设计与方法

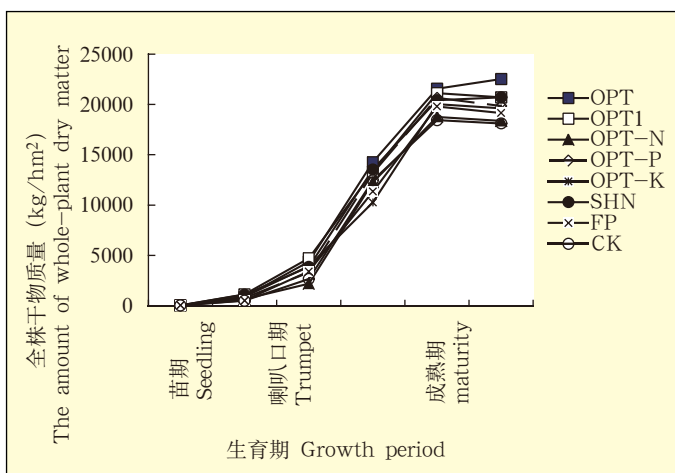
试验共设 8 个处理, 分别为: OPT、OPT1、OPT-N、OPT-P、OPT-K、SHN(超高施肥量)、FP(农民传统施肥)、CK, 3 次重复, 共 24 个试验小区, 各小区完全按随机区组排列, 小区面积为 21.6 平方米。施肥方案见表 3, 其中氮肥 60% 做基肥, 40% 在喇叭口期进行一次追施, 其它肥料在播前全部作基肥一次施入。栽培方式为全膜双垄沟播栽培, 栽培密度为 4500 株 / 亩。

表 3 施肥方案

处 理	养分施用量 (公斤 / 亩)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
OPT	15	8	6
OPT1	18	4	2
OPT-N	0	8	6
OPT-P	15	0	6
OPT-K	15	8	0
SHN(超高施肥量)	22	12	8
FP	10	7	0
CK	0	0	0

1.4 测定项目及方法

测定试验地耕层 (0-20 厘米) 土壤基础土样理化性质和玉米生育期降水资料, 测定各生育期玉米 (茎秆、叶片、



籽粒) 干物质质量和收获期玉米籽粒产量。

基础土样理化性质由中-加合作土壤植株测试实验室采用 ASI 分析法^[6] 测定, 并根据目标产量提供推荐施肥量 (OPT1 处理); 气象资料是由甘肃省农业科学院定西试验站气象观测站观测。

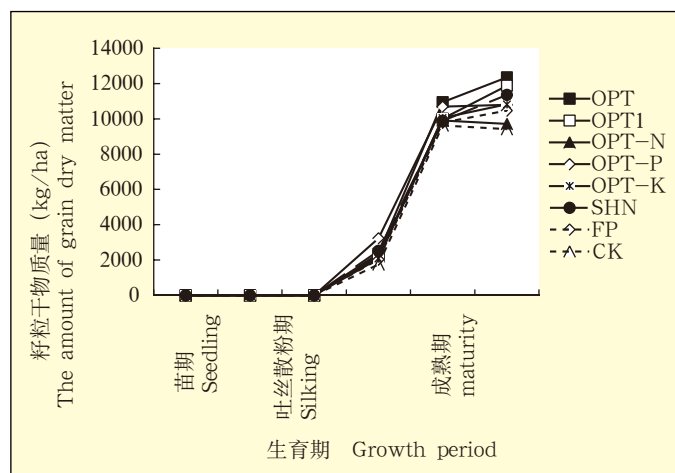
1.5 数据分析

实验数据采用 DPS 3.01 专业版软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同处理对玉米各生育期干物质积累的影响

不同处理对玉米各生育期全株、籽粒、叶片、茎秆 + 穗芯干物质积累影响均表现为前期慢中期快后期又慢或开始降低的“S”型曲线变化规律 (图 1), 全株干物质积累量最快时期出现在拔节期-成熟期, 成熟期-收获期干物质积累速率开始放缓及下降, 可能是由于玉米生长后期籽粒碳水化合物积累逐渐加快, 从秸秆、叶片获取的养分量增大, 导致秸秆、叶片满足其碳水化合物合成的养分量下降, 从而出现衰败现象, 茎秆开始枯萎, 叶片干死脱落于地面, 同时人为采样不完整造成的误差, 最终导致收获期玉米干物质出现积累速度变慢和下降趋势, 茎、叶尤为明显。



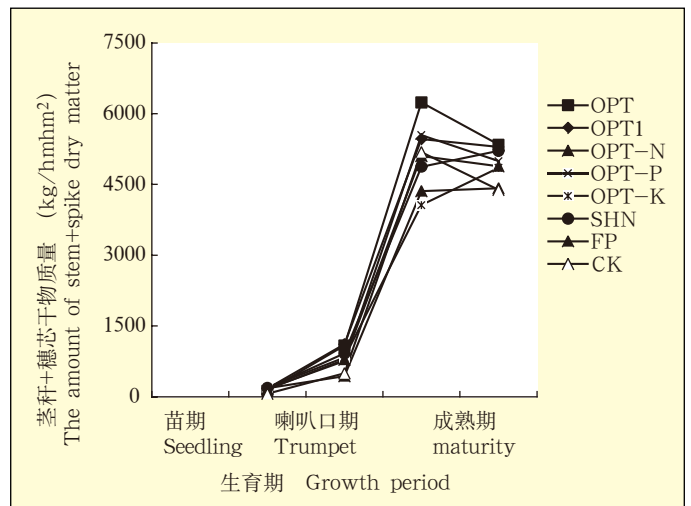
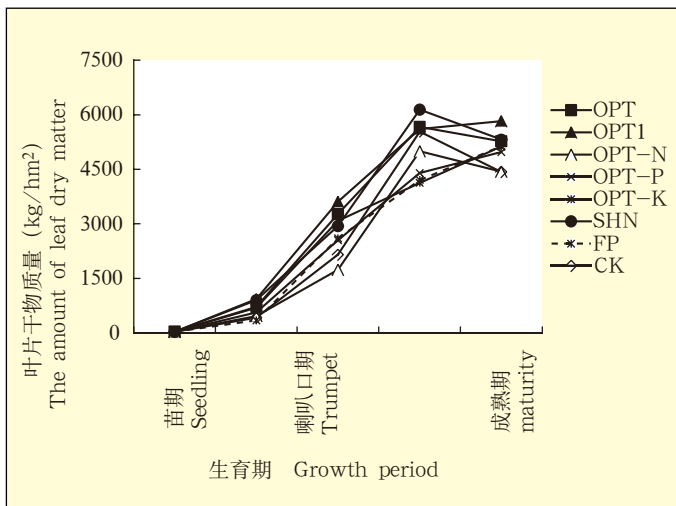


图1 玉米全株、籽粒、叶片、茎秆 + 穗芯生育期干物质积累变化规律

籽粒干物质积累基本上呈上升趋势，灌浆期-成熟期籽粒干物质积累最快；叶片干物质积累最快时期出现在拔节期-喇叭口期-灌浆期；茎秆 + 穗芯干物质积累最快时期出现在喇叭口期-灌浆期。孙文涛^[7]、金继运^[8]研究指出玉米在灌浆期以后干物质积累增加量较为平缓，主要是此时玉米秸秆和叶片的增加量已呈缓慢下降趋势，表

最高，CK处理最低；OPT处理与SHN、OPT-P处理之间玉米产量差异显著 ($p < 0.05$)，与OPT-N、FP、CK处理之间产量差异极显著 ($p < 0.01$)，与OPT1处理之间差异不显著。与OPT处理相比，其它处理玉米籽粒产量均低于OPT，其中OPT-K、SHN和OPT-P、OPT-N、FP、CK处理玉米籽粒产量依次减产幅度越来越大，

表4 不同处理对玉米产量及经济效益的影响

处理	产量 (公斤/亩)	显著水平		相对产量 (%)	减产 (公斤/亩)	减产率 (%)	农学效率 (kg/kg)	产值	肥料成本 (元/亩)	纯收益
		(5%)	(1%)							
OPT	601.9	a	A	100	0.0	0.00	--	1023.2	137.1	886.1
OPT1	578.7	ab	AB	96	-23.1	-3.85	--	983.9	111.8	872.1
OPT-N	546.3	cd	BC	91	-55.6	-9.23	3.7	928.7	69.6	859.1
OPT-P	564.8	bcd	ABC	94	-37.0	-6.15	4.6	960.2	91.5	868.7
OPT-K	575.6	abc	ABC	96	-26.2	-4.36	4.4	978.6	113.1	865.5
SHN	564.8	bcd	ABC	94	-37.0	-6.15	--	960.2	197.9	762.3
FP	544.8	cd	BC	91	-57.1	-9.49	--	926.1	84.9	841.2
CK	534.0	d	C	89	-67.9	-11.28	--	854.3	0.0	854.3

注1：产量为各处理三次重复的平均产量；* 相对产量 = 其它处理产量 / OPT 产量 × 100；* 减产 (公斤/亩) = OPT 产量 - 其他处理产量；* 减产率 (%) = [(OPT 产量 - 其他处理产量) / OPT 产量] × 100；* 农学效率 (公斤/公斤) = (OPT 产量 - 缺素处理产量) / 施入的养分量。
注2：N 4.5 元/公斤、P₂O₅ 5.7 元/公斤、K₂O 4.0 元/公斤，玉米 1.7 元/公斤。

现出的只是籽粒中干物质的积累，试验结果与此结论是一致的。玉米全株干物质积累量在收获期 OPT 处理最高，不施肥 CK 处理最低，表明 N、P、K 平衡施肥能够满足作物整个生育期从营养生长到生殖生长过程的养分需求，有利于植株和籽粒碳水化合物的有效积累，最终导致作物干物质积累量增加。

2.2 不同处理对玉米产量及经济效益的影响

从表4得知，不同施肥处理对玉米籽粒产量的影响表现为：OPT 与 OPT1 处理产量相对较高，OPT 处理产量

而 OPT1 处理的减产幅度相对较小。OPT-K 处理减产 26.2 公斤/亩，减产率达到了 4.36%；SHN 和 OPT-P 处理都减产 37 公斤/亩，减产率达到了 6.15%；OPT-N 处理减产 55.6 公斤/亩，减产率达到了 9.23%；传统施肥 FP 处理减产 57.1 公斤/亩，减产率达到了 9.49%；不施肥 CK 处理减产 67.9 公斤/亩，减产率达到了 11.28%；N、P₂O₅、K₂O 养分农学效率分别为 3.7、4.6、4.4 公斤/公斤。表明在甘肃省中部半干旱地区推广的玉米全膜双垄沟播栽培技术条件下，平衡施肥可显著增加玉米籽粒产量；N、P、K 缺素施肥及不施肥都会对玉米产量造成不同程度的

影响^[9]，由于不能够提供作物生长过程的全部养分需求，尤其是玉米生长后期，不利于籽粒碳水化合物化合物的有效积累，最终导致玉米减产；超高施肥量 (SHN) 对玉米籽粒产量的影响并不明显，原因可能是由于该地区从 2005 至 2009 年 1—9 月份降水量逐年降低 (表 2)，2009 年 10 月份之前降水量仅为 271.8 毫米，尤其是 7 月份之前降水量不到 100 毫米，在无灌溉条件下，土壤耕层极为干旱，土壤水分供应不足，玉米生长对水分的需求越来越大，不仅导致玉米叶片开始萎蔫，影响植株正常生长，而且降低了肥料的溶解和养分的释放，肥料效果相对减弱，从而影响到作物对养分的吸收与利用，最终直接影响玉米的生长和产量，说明在旱地雨养农业区，水肥之间的耦合效应与制约尤为突出，土壤水分丰缺状况在很大程度上影响肥料发挥作用。

通过对玉米生产的投入和产出进行分析可得出结论，在进行 N、P、K 营养元素平衡施肥的情况下，N、P₂O₅ 和 K₂O 的用量分别为 15 公斤/亩、8 公斤/亩、6 公斤/亩时 (OPT 处理)，玉米籽粒产值最高，每亩达到 1023.2 元，除去肥料成本，亩纯收益为 886.1 元，均高于其它处

理，表明平衡施肥在提高玉米产量的同时，有效提高了经济效益。

3 结论

3.1 本研究中玉米干物质质量累积曲线呈现“S”型变化趋势，玉米全株干物质质量均随生育期的延长而增长，在拔节期后均大量积累，到成熟期积累开始平缓，可见玉米整个生育期能持续吸收养分以满足自身碳水化合物合成的需要，保证后期养分的充足供应是玉米高产的关键。

3.2 在极度干旱年份下全膜双垄沟播玉米进行平衡施肥，N、P₂O₅ 和 K₂O 的用量分别为 15 公斤/亩、8 公斤/亩、6 公斤/亩时 (OPT 处理)，玉米产量可达到 601.9 公斤/亩，与当地农民习惯施肥 (FP 处理) 相比，增产 57.1 公斤/亩，增产率达到 10.5%，纯收益增加 45.0 元/亩，增产增效明显。

参考文献

- [1] 杨祁峰, 孙多鑫, 熊春蓉, 等. 玉米全膜双垄沟播栽培技术 [J]. 中国农技推广, 2007, 8(23): 20-21.
- [2] 贺峰. 在甘肃推广玉米全膜双垄沟播栽培技术的必要性分析 [J]. 粮经栽培, 2008(13): 12-13.
- [3] 王成刚, 水建兵. 玉米全膜双垄沟播栽培技术 [J]. 甘肃农业科技, 2008(4): 40-41.
- [4] 郑兴文. 依靠科技抗旱全面推广玉米全膜双垄沟播栽培技术 [J]. 粮经栽培, 2008(17): 13-14.
- [5] 高世铭, 杨封科, 等. 陇中黄土丘陵沟壑区生态环境建设与农业可持续发展研究 (《重塑黄土地》系列丛书) [M]. 郑州: 黄河水利出版社, 2003, 5-9.
- [6] Dowdle S, Portch SA. Systematic approach for determining soil nutrient constraints and establishing balanced fertilizer recommendations for sustained high yield [C]. Proceedings of the International Symposium on Balanced Fertilization. 1988, Beijing, China, 243-251.
- [7] 孙文涛, 汪仁, 安景文, 等. 平衡施肥技术对玉米产量影响的研究 [J]. 玉米科学, 2008, 16(3): 109-111.
- [8] 金继运, 何萍. 氮钾互作对春玉米生物产量及其组分动态的影响 [J]. 玉米科学, 1999, 7(4): 57-60.
- [9] 崔云玲, 郭天文, 郭永杰, 等. 氮磷营养对高寒阴湿区春玉米产量及品质的影响 [J]. 西北农业学报, 2009, 18(6): 134-137.