

不同穴播种植与施肥对春小麦产量及其水分利用效率的影响

张平良^{1,2} 郭天文^{*1,2} 侯慧芝^{1,2}

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

摘要: 结果表明, 全膜覆土穴播种植方式有利于小麦碳水化合物合成, 增加小麦干物质积累量, N、P、K 平衡施肥干物质积累量增加效果明显; 该种植方式较全膜小垄沟覆土穴播、全膜不覆土穴播和露地穴播种植方式小麦产量分别增加 4.9%~8.0%、20.4%~22.6%、59.7%~72.8%, 干旱年份增产效果尤为突出; 该种植方式下, N、P₂O₅ 和 K₂O 的用量分别为 12 公斤/亩、8 公斤/亩、6 公斤/亩时, 小麦产量和水分利用效率最高较露地穴播显著提高 72.8% 和 111.1%。表明春小麦在全膜覆土穴播栽培技术条件下, 配方施肥可显著提高小麦籽粒产量和水分利用效率, 干旱年份效果极为明显。

关键词: 种植方式; 全膜覆土穴播; 施肥; 水分利用效率

干旱缺水和春季低温是导致甘肃省中东部雨养农业区作物低产的两个主要原因, 因此提高降水利用效率是本地区农田管理的关键环节, 合理耕作、增加地面覆盖、降低无效蒸发、合理施肥等措施是提高农田降水利用效率的基本途径, 发展抗旱节水农业成为我省农业发展的必然选择。全膜覆土穴播小麦栽培技术就是一项以集雨、抑制土壤水分蒸发、充分利用光热资源、节约劳动力、节本增效、免耕多茬种植为一体的高效旱作农业新技术^[1-3]。它能够最大限度地保蓄土壤水分, 并对小麦生育期农田降雨进行有效拦截与汇集, 大幅度提高了农田降

水的保蓄率和利用率, 使小麦、胡麻等作物产量得到大幅度提高^[1-5], 该项技术适用于甘肃省中东部干旱半干旱地区降雨量在 250~600 毫米之间的生态类型区, 针对这些区域, 本试验主要研究几种穴播种植模式及施肥对春小麦生长性状、产量及水分利用效率的影响, 探索寻求旱地春小麦高产栽培技术及其配套施肥水平, 以期对干旱半干旱区春小麦高产栽培提供技术支持和理论基础, 对确保我省粮食安全、促进旱作农业区经济稳步发展起到积极作用。

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'), 属黄土高原丘陵沟壑区, 土壤类型为黄绵土, 质地为粘壤土, 肥力中等^[6]。研究区属典型的干旱半干旱雨养农业区, 海拔约 1932~2520 米, 近几年年均降雨量 360 毫米左右, 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(0~20 厘米)土壤养分状况见表 1, 2010~2011 年 1~8 月份降水资料见表 2, 小麦品种为陇



全膜覆土穴播小麦

¹ 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。Email: 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。Email: guotw2007@hotmail.com

表 1 供试土壤养分状况

pH	OM	NH ₄ -N	NO ₃ -N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Cu	Mn	Zn	B
	(%)	(毫克/升)											
8.25	0.7	4.5	21.7	35.2	159.3	1877	150.4	12.3	10.6	1.7	3.1	1.9	1.91

表 2 2010-2011 年 1—8 月份降水量

年份	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	合计
2010	1.3	4.2	18.1	32.7	74	43.2	34.6	21.8	229.9
2011	4.9	4.3	14.5	3.2	29.9	50.2	24.4	27	158.4

春 27 号, 肥料品种为尿素 (N46%)、过磷酸钙 (P₂O₅ 12~16%)、氯化钾 (K₂O 60%)。

1.3 试验设计与方法

试验设穴播种植方式和施肥水平两个因子, 穴播种植方式包括全膜覆土穴播 (Z₀)、全膜不覆土穴播 (Z₁)、全膜小垄沟覆土穴播 (Z₂)、露地穴播 (Z₃) 4 个水平, 即:

全膜覆土穴播种植方式为全地面、全生育期地膜覆盖, 铺膜时膜面要求平整, 使地膜紧贴地面, 同时在膜上覆一层薄土, 覆土厚度以 1~2 左右为宜, 铺膜覆土 1~2 天后进行播种, 采用穴播机播种, 播种深度一般为 3~5 厘米, 120 厘米宽的地膜种 6 行, 行距为 18~20 厘米, 穴距为 10 厘米, 播种密度为亩穴数在 3 万左右, 每穴 8~12 粒, 亩播种量 15 公斤左右。

全膜不覆土穴播种植方式 (传统地膜小麦) 为全地面、全生育期地膜覆盖, 铺膜时膜面要求平整, 使地膜紧贴地面, 在膜上不薄土, 铺膜 1~2 天后进行播种, 播种方式同上。

全膜小垄沟覆土穴播种植方式为整地之后用三角犁耕地起垄, 形成垄宽 20 厘米, 垄高 5 厘米大小均一的小垄, 起垄后全地面、全生育期地膜覆盖, 同时在垄沟里覆一层薄土, 覆土厚度以 1 厘米左右为宜, 铺膜覆土 1~2 天后在垄沟里进行播种, 播种方式同上。

露地穴播种植方式为将地整理后, 既不覆土, 也不覆膜, 同上述几种种植方式同时播种, 播种方式同上。

每种穴播种植方式下分设 3 个施肥水平, 即配方优化施肥水平 - N₁₂P₈K₆ (F₁)、当地农民习惯施肥水平 - N₁₀P₇K₀ (F₂)、不施肥 - N₀P₀K₀ (F₃), 组成 Z₀F₁、Z₀F₂、Z₀F₃、Z₁F₁、Z₁F₂、Z₁F₃、Z₂F₁、Z₂F₂、Z₂F₃、Z₃F₁、Z₃F₂、Z₃F₃ 共 12 个处理, 重复 3 次, 随机区组排列,

小区面积 20 平方米。试验于 2010 年 3 月穴播种植第一茬小麦, 所用肥料在第一茬试验全部作为基肥一次性施入, 2011 年进行二茬免耕穴播种植小麦, 不追施肥料。

1.4 测定项目及方法

测定试验地耕层 (0~20 厘米) 基础土样理化性质, 测定小麦各生育期地上部分干物质量, 收获期测定小麦产量; 测定播前、苗期、拔节期、孕穗期、收获期的 0~100 厘米土层土壤含水量, 计算水分利用效率。

干物质量的测定: 在小麦各生育期采取各处理 10 穴植株样带回室内, 在 105℃ 温度下杀青 30 分钟后, 在 70℃ 恒温下烘至恒重, 以获取地上部分生物量干重。

水分利用率 [公斤 / (毫米 · 亩)] = 小麦产量 (公斤 / 亩) / [播前土壤储水量 (毫米) + 生育期总降水量 (毫米) - 成熟期土壤储水量 (毫米)]

土壤贮水量 (毫米) = 土层深度 (毫米) × 土壤容重 × 土壤含水量

基础土样理化性质由中国农科院中-加合作土壤植株测试实验室采用 ASI 分析法^[7]测定, 气象资料是由甘肃省农业科学院定西综合试验站气象观测站提供。

1.5 数据分析

实验数据采用 DPS3.01 专业版软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同穴播方式及施肥对小麦地上部分干物质积累量的影响

由表 3 可知, 不同处理对 2010 年和 2011 年两年小麦各生育期地上部分干物质积累量的影响表现为: Z₀F₁

表 3 不同处理对小麦两年干物质积累量的影响 (2010、2011)

处理	种植方式	施肥量	干物质质量 (公斤 / 亩)			
			苗期	孕穗期	灌浆期	成熟期
Z ₀ F ₁	全膜覆土穴播	N ₁₂ P ₈ K ₆	98 a	585 a	1336 a	1690 a
Z ₀ F ₂		N ₁₀ P ₇ K ₀	84 a	508 abc	1196 a	1548 ab
Z ₀ F ₃		N ₀ P ₀ K ₀	76 a	446 bc	1062 abc	1419 abc
Z ₁ F ₁	全膜不覆土穴播	N ₁₂ P ₈ K ₆	100 a	537 ab	1057 abc	1529 ab
Z ₁ F ₂		N ₁₀ P ₇ K ₀	92 a	471 abc	896 bcd	1407 abc
Z ₁ F ₃		N ₀ P ₀ K ₀	79 a	404 bcd	805 cd	1125 bcd
Z ₂ F ₁	全膜小垄沟覆土穴播	N ₁₂ P ₈ K ₆	94 a	538 ab	1127 ab	1572 ab
Z ₂ F ₂		N ₁₀ P ₇ K ₀	82 a	458 bc	966 bcd	1512 ab
Z ₂ F ₃		N ₀ P ₀ K ₀	76 a	407 bc	827 cd	1350 bc
Z ₃ F ₁	露地穴播	N ₁₂ P ₈ K ₆	45 b	215 d	520 cd	765 cd
Z ₃ F ₂		N ₁₀ P ₇ K ₀	42 b	205 d	485 cd	686 cd
Z ₃ F ₃		N ₀ P ₀ K ₀	38 b	196 d	449 d	645 d

注：同一列数据后不同小写字母表示差异显著，下同。

处理小麦孕穗期、灌浆期、成熟期干物质积累量最高，明显高于其它处理，Z₃F₃ 处理最低；在相同施肥水平下，不同穴播种植方式对小麦孕穗期、灌浆期、成熟期干物质积累量均表现为：全膜覆土穴播 > 全膜小垄沟覆土穴播 > 全膜不覆土穴播 > 露地穴播；在相同穴播种植方式下，不同施肥水平对小麦各生育期干物质积累量的影响均表现为：N₁₂P₈K₆ > N₁₀P₇K₀ > N₀P₀K₀，全膜覆土穴播种植方式的施肥效果更加突出。上述结果表明：全膜覆土穴播种植方式有利于小麦的生长，可明显增加小麦干物质积累量，N₁₂P₈K₆ 施肥效果尤为明显，原因一方面由于覆膜能增加春季地表温度，促进植株根系生长，提高根系活力和促进地上部分生长^[8]，有利于小麦早期生长；另一方面由于地

膜表面覆土既可降低地表温度，避免后期气温升高导致小麦灌浆发生青干现象，有利于小麦籽粒灌浆，促进小麦生长后期干物质积累，同时也可有效保护地膜从而有利于二茬小麦的生长；此外，全膜覆土穴播种植方式由于能够有效积蓄自然降水、抑制土壤水分蒸发，储蓄了土壤水分，以水促肥、提高肥效的水肥耦合效应尤为明显，充分利用了水、肥、光热资源，促进小麦干物质质量的积累。

2.2 不同穴播种植方式及施肥对小麦产量的影响

由表 4 可知，Z₀F₁ 处理两年 (2010、2011) 的小麦产量最高，平均达 373 公斤 / 亩，显著 (p<0.05) 高于其它处理；在相同施肥条件下，不同穴播种植方式对两

表 4 小麦产量分析

处理	种植方式	施肥量	产量 (公斤 / 亩)		
			2010	2011	两年合计
Z ₀ F ₁	全膜覆土穴播	N ₁₂ P ₈ K ₆	269 a	104 a	373a
Z ₀ F ₂		N ₁₀ P ₇ K ₀	250 ab	95 a	345 ab
Z ₀ F ₃		N ₀ P ₀ K ₀	249 ab	80 ab	329 bc
Z ₁ F ₁	全膜不覆土穴播	N ₁₂ P ₈ K ₆	244 b	61 bc	304 bc
Z ₁ F ₂		N ₁₀ P ₇ K ₀	229 bc	54 bc	282 cd
Z ₁ F ₃		N ₀ P ₀ K ₀	226 bc	47 cd	273 cd
Z ₂ F ₁	全膜小垄沟覆土穴播	N ₁₂ P ₈ K ₆	252 ab	94 a	346 ab
Z ₂ F ₂		N ₁₀ P ₇ K ₀	238 bc	84 ab	322 bc
Z ₂ F ₃		N ₀ P ₀ K ₀	240 bc	74 bc	313 bc
Z ₃ F ₁	露地穴播	N ₁₂ P ₈ K ₆	199 cd	17 d	216d
Z ₃ F ₂		N ₁₀ P ₇ K ₀	191 cd	17 d	208 d
Z ₃ F ₃		N ₀ P ₀ K ₀	189 d	17 d	206 d

年小麦产量的影响表现为：全膜覆土穴播 > 全膜小垄沟覆土穴播 > 全膜不覆土穴播 > 露地穴播，全膜覆土穴播比全膜小垄沟覆土穴播、全膜不覆土穴播和露地穴播小麦分别增产 4.9%~8.0%、20.4%~22.6%、59.7%~72.8%，特别是在 2011 年极度干旱年份下（小麦生育期降雨量仅为 107.7 毫米（详见表 2）），全膜覆土穴播较全膜小垄沟覆土穴播、全膜不覆土穴播和露地穴播小麦分别增产 8.9%~13.7%、69.7%~77.4%、371.8%~507.9%，增产效果尤为明显；在相同穴播方式下，不同施肥量对小麦产量的影响均表现为： $N_{12}P_8K_6 > N_{10}P_7K_0 > N_0P_0K_0$ ，其中在全膜覆土穴播种植方式下， Z_0F_1 比 Z_0F_2 、 Z_0F_3 分别增产 8.1%、13.5%。上述结果表明，全膜覆土穴播方式可明显增加小麦产量， $N_{12}P_8K_6$ 施肥水平小麦产量最高，干旱年份增产效果更加明显，这是由于全膜覆土穴播方式通过覆膜、膜上覆土起到增加前期地温、蓄水抑蒸、降低后期地表温度，改善了土壤水热条件，水肥之间的耦合效应比较突出，肥料增产效果明显，有利于增加小麦产量。



2.3 不同穴播方式及施肥对小麦水分利用效率的影响

由表 5 可知，2010、2011 年全膜覆土穴播、全膜不覆土穴播和全膜小垄沟覆土穴播小麦水分利用效率明显高于露地穴播， Z_0F_1 处理最高，显著 ($p < 0.05$) 高于其他处理；在相同施肥水平下，全膜覆土穴播方式较全膜不覆土穴播、

全膜小垄沟覆土穴播和露地穴播方式小麦水分利用效率分别提高 19.8%~28.1%、6.5%~10.2%、83.0%~111.1%，特别在 2011 年极度干旱年份下，全膜覆土穴播较露地穴播小麦水分利用效率提高 364.1%~400%，水分利用效果尤为明显；在相同种植方式下，不同施肥水平对小麦水分利用效率的影响仍表现为： $N_{12}P_8K_6 > N_{10}P_7K_0 > N_0P_0K_0$ ，其中在全膜覆土穴播种植方式下， Z_0F_1 处理比 Z_0F_2 和 Z_0F_3 小麦水分利用效率分别提高 9.6%、17.5%。上述结果表明，全膜覆土穴播方式能够有效提高小麦水分利用效率，以水促肥、以肥调水的效果明显，干旱年份效果尤为突出。

表 5 小麦水分利用效率和耗水特性

处理	种植方式	施肥量	水分利用效率 [公斤/(毫米·亩)]		
			2010	2011	Average
Z_0F_1	全膜覆土穴播	$N_{12}P_8K_6$	0.88 a	0.63 a	0.76 a
Z_0F_2		$N_{10}P_7K_0$	0.83 b	0.55 ab	0.69 b
Z_0F_3		$N_0P_0K_0$	0.82 bc	0.47 bc	0.65 bc
Z_1F_1	全膜不覆土穴播	$N_{12}P_8K_6$	0.82 bc	0.37 cd	0.59 cd
Z_1F_2		$N_{10}P_7K_0$	0.80 bcd	0.31 cd	0.56 d
Z_1F_3		$N_0P_0K_0$	0.77 d	0.31 cd	0.54 d
Z_2F_1	全膜小垄沟覆土穴播	$N_{12}P_8K_6$	0.82 bc	0.61 ab	0.71 ab
Z_2F_2		$N_{10}P_7K_0$	0.79 cd	0.48 bc	0.63 c
Z_2F_3		$N_0P_0K_0$	0.80 bcd	0.39 cd	0.59 cd
Z_3F_1	露地穴播	$N_{12}P_8K_6$	0.60 e	0.13 e	0.36 e
Z_3F_2		$N_{10}P_7K_0$	0.59 e	0.11 e	0.35 e
Z_3F_3		$N_0P_0K_0$	0.61 e	0.10 e	0.35 e

3 讨论

全膜覆土穴播种植通过全地面、全生育期地膜覆盖,膜上覆土1~2厘米,能更好地抑蒸保墒,利用土壤深层水分,不仅可以解决春季低温和干旱等问题,而且延长了地膜的使用寿命,保证了留膜免耕多茬种植,有效降低了生产成本,操作简单易行,增产效果显著^[2,5]。本研究结果显示,全膜覆土穴播方式较露地小麦增产59.7%~72.8%,水分利用效率提高83.0%~111.1%,干旱年份可达3倍以上。元新华等^[9]研究指出地膜覆盖穴播具有明显增温保墒、节水和增产的效果,在高寒阴湿和不保灌地区应用此技术其增产率在30%以上。

全膜不覆土穴播种植(传统地膜小麦)对小麦前期的生长有一定的促进作用,但后期会出现严重的脱水现象。有研究认为由于地膜覆盖导致灌浆期地面温度的升高,导致青干现象的发生,致使小麦生长不良,易早熟,影响了地膜小麦的产量^[10]。本研究结果显示,全膜不覆土穴播种植(传统地膜小麦)较露地增加小麦产量,但由于

膜上不覆土田间操作造成地膜破损严重,不利于二茬免耕种植。

全膜小垄沟覆土穴播种植通过起垄形成的小垄面起到了良好的集水效果,对增加小麦产量起到了显著作用,但垄面上地膜由于长期裸露于空气中易老化,且操作比较繁琐,不利于该技术推广和二茬免耕种植。

4 结论

与其它穴播方式相比,全膜覆土穴播有利于小麦碳水化合物的合成,增加小麦干物质积累量和产量,并提高了水分利用效率,实施N、P、K平衡施肥增加效果显著。与露地相比,全膜覆土穴播方式小麦产量增加59.7%~72.8%,小麦水分利用效率提高了83.0%~111.1%,干旱年份可达3~5倍;在全膜覆土穴播方式下,配方推荐施肥(N₁₂P₈K₆)较农民习惯施肥(N₁₀P₇K₀)小麦产量增加79.0%,小麦水分利用效率提高了9.6%,水肥耦合效应明显。

参考文献

- [1] 孙大鹏,崔增团,张志成,等.小麦全膜覆盖膜上覆土多茬栽培技术[J].中国农技推广,2009,25(9):19-20.
- [2] 何春雨,周祥椿,杜久元,等.全膜覆土免耕穴播栽培技术对冬小麦产量效应的研究[J].农业现代化研究,2010,(6):20-22.
- [3] 李福,李城德,刘广才,等.旱地全膜覆土穴播免耕多茬种植技术[J].中国农技推广,2011,27(1):24-26.
- [4] 许婷,张平良,郭天文,等.全膜覆土穴播小麦养分积累规律及其水分利用效率研究[J].甘肃农业大学学报,2011,46(3):22-27.
- [5] 张平良,郭天文,侯慧芝,等.不同穴播种植方式与平衡施肥对旱地春小麦产量及水分利用效率的影响[J].干旱地区农业研究,2012,(1):33-38.
- [6] 高世铭,杨封科,苏永生.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,2003,8-12.
- [7] 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.
- [8] 张金文,马静芳,牛俊义,等.地膜覆盖穴播小麦光合和干物质积累特点分析[J].甘肃农业大学学报,1999,(4):42-44.
- [9] 元新华,董树亭.冬小麦地膜覆盖栽培理论与技术的研究[J].北京农学院学报,1988,(3):172-185.
- [10] 李守谦,兰念军,马忠明,等.春小麦地膜覆盖栽培技术评价干旱地区农作物需水量及节水灌溉研究[M].兰州:甘肃科学技术出版社,1992,20-24.