

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, 郭天文, 吕军峰, 张绪成, 郭贤仕

(甘肃省农业科学院旱地农业研究所 农业部西北作物抗旱栽培与耕作重点开放实验室
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: 采用田间试验方法, 研究了不同穴播种植方式与施肥对旱地春小麦产量及水分利用效率的影响。结果表明, 在采取的 4 种穴播种植方式中, 全膜覆土穴播种植方式有利于小麦碳水化合物的合成, 增加了小麦干物质积累量, N、P 和 K 平衡施肥干物质积累量增加效果明显; 全膜覆土穴播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% 和 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 180、120 和 90 kg/hm² 时 (Z₀F₁ 处理), 小麦产量和水分利用效率最高, 较露地穴播提高 72.8% 和 111.1%。表明春小麦在全膜覆土穴播栽培技术条件下, 合理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

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2013)02-0177-04

中图分类号: S512.1⁺2

Effects of Different Methods of Cultivation and Fertilization on Spring Wheat Yield and Water Use Efficiency in Semi-arid Area

ZHANG Ping-liang, GUO Tian-wen, LÜ Jun-feng, ZHANG Xu-cheng, GUO Xian-shi

(Key Laboratory of High Efficiency Water Utilization in Dry Farming Region,

Key Laboratory of Northwest Drought-resistant Crop Farming of Ministry of Agriculture,

Dryland Agriculture Institute, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou, Gansu 730070, China)

Abstract: Field trials were conducted to study different methods of cultivation and fertilization on wheat yield and water use efficiency in the semi-arid. The results showed that among the four methods applied, pit cultivation with both soil cover and full film mulching benefited substantially the synthesis of carbohydrates of wheat plants and then increased dry matter accumulation. The application of balanced N, P and K significantly improved the accumulation of dry biomass. Compared furrow cultivation with soil cover and film mulching, pit cultivation with film mulching and open pit cultivation, wheat yield of pit cultivation with both soil cover and full film mulching increased by 4.9%~8.0%, 20.4%~22.6%, 59.7%~72.8%, respectively, and the improving effects was particularly prominent in dry years. In this cultivation mode, wheat yields and water use efficiency were the highest with application of 180, 120 and 90 kg/hm² of the N, P₂O₅ and K₂O respectively (Z₀F₁ treatment), which was respective 72.8% and 111.1% higher than those of open pit cultivation. The results showed that balanced fertilization could significantly increase grain yield and water use efficiency in the mode of pit cultivation with both soil cover and full film mulching, and the effects were extremely significant in dry years.

Keywords: cultivation; whole film casing mode bunch; fertilization; water use efficiency

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该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农业发展的必然选择和大前提。全膜覆土穴播小麦

收稿日期: 2012-05-28

修回日期: 2012-06-11

资助项目: 国家科技支撑计划项目“西部水土流失和瘠薄干旱中低产田改良技术集成示范”(2012BAD05B03); 甘肃省旱作区水资源高效利用重点实验室基金(2011GAAS06-2-3); 国际植物营养研究所(IPNI)项目(BPC-Gansu Potato-2012)

作者简介: 张平良(1981—), 男(汉族), 甘肃省靖远县人, 硕士, 助理研究员, 从事旱作农业、土壤肥料研究。E-mail: zhangpl2007@163.com。

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^[1-5]。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^[1-8],该项技术适宜于甘肃省中东部干旱半干旱地区降雨量在 250~600 mm 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提供技术支持和理论基础,对确保该区粮食安全、促进旱作农业区经济稳步发展起到积极作用。

表 1 供试土壤养分状况

pH 值	有机质	NH ₄ -N	NO ₃ -N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Cu	Mn	Zn	B
8.25	7	4.5	21.7	35.2	159.3	1 877	150.4	12.3	10.6	1.7	3.1	1.9	1.91

注:除有机质含量单位为 g/kg 外,其余土壤养分含量单位均为 mg/L。

表 2 研究区 2010—2011 年 1—8 月份降水量

年份	降水量/mm									合计
	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月		
2010年	1.3	4.2	18.1	32.7	74.0	43.2	34.6	21.8	229.9	
2011年	4.9	4.3	14.5	3.2	29.9	50.2	24.4	27.0	158.4	

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(Z_0)、全膜不覆土穴播(Z_1)、全膜小垄沟覆土穴播(Z_2)、露地穴播(Z_3)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 cm 为宜,铺膜覆土 1~2 d 后进行播种,采用穴播机播种,播种深度一般为 3~5 cm,120 cm 宽的地膜种 6 行,行距为 18~20 cm,穴距为 10 cm,播种密度为单位面积穴数为 45 万株/hm²,每穴 8~12 粒,单位面积播种量约为 225 kg/hm²。

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 d 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 cm,垄高 5 cm 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 cm 为宜,铺膜覆土 1~2 d 后在垄沟里进行播种,播种方式同上。

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(地理位置为 104°35'E, 35°36'N),属黄土高原丘陵沟壑区,土壤类型为黄绵土,质地为黏壤土,肥力中等^[9-10]。研究区境内属典型的干旱半干旱雨养农业区,海拔约 1 932~2 520 m,年均降雨量约 360 mm,降水季节分布不均,多集中在 7—9 月份。

1.2 试验材料

试验地耕层(0—20 cm)土壤养分状况详见表 1。2010—2011 年 1—8 月份降水资料详见表 2。小麦品种为陇春 27 号。肥料为尿素(N 46%),过磷酸钙(P₂O₅ 12%~16%),氯化钾(K₂O 60%)。

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: N₁₈₀ P₁₂₀ K₉₀ (F₁),当地农民习惯施肥水平: N₁₅₀ P₁₀₅ K₀ (F₂),不施肥: N₀ P₀ K₀ (F₃);组成 $Z_0 F_1, Z_0 F_2, Z_0 F_3, Z_1 F_1, Z_1 F_2, Z_1 F_3, Z_2 F_1, Z_2 F_2, Z_2 F_3, Z_3 F_1, Z_3 F_2$ 和 $Z_3 F_3$ 共 12 个处理,重复 3 次,随机区组排列,试验小区面积 20 m²。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 cm)基础土样理化性质,测定小麦各生育期地上部分干物质量,收获期小麦产量;测定播前、苗期、拔节期、孕穗期、收获期的 0—100 cm 土层土壤含水量,计算水分利用效率。

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

水分利用率 $(\text{kg}/(\text{mm} \cdot \text{hm}^2)) = \text{小麦产量} (\text{kg}/\text{hm}^2) / (\text{播前土壤储水量}(\text{mm}) + \text{生育期总降水量}(\text{mm}) - \text{成熟期土壤储水量}(\text{mm}))$

土壤贮水量 $(\text{mm}) = \text{土层深度}(\text{mm}) \times \text{土壤容重} (\text{g}/\text{cm}^3) \times \text{土壤含水量}$

基础土样理化性质由中国农科院中一加合作土壤植株测试实验室采用 ASI 分析法^[11]测定,气象资料来源于甘肃省农业科学院定西综合试验站气象观测站。实验数据采用 DPS 3.01 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 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: Z_0F_1 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, Z_3F_3 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由大到小均表现为: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: $N_{180}P_{120}K_{90} > N_{150}P_{105}K_{90} > N_0P_0K_0$,全膜覆土穴播种植方式的施肥效果更加突出。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, $N_{180}P_{120}K_{90}$ 施肥效果尤为明显,原因是一方面由于覆膜能增加春季地表温度,可促进植株根系生长,提高根系活力和促进地上部分生长^[12],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,保蓄了土壤水分,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, Z_0F_1 处理两年(2010 和 2011 年)的小麦产量最高,平均达 $5598 \text{ kg}/\text{hm}^2$,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了 $4.9\% \sim 8.0\%$, $20.4\% \sim 22.6\%$ 和 $59.7\% \sim 72.8\%$,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 mm (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 $8.9\% \sim 13.7\%$, $69.7\% \sim 77.4\%$ 和 $371.8\% \sim 507.9\%$,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: $N_{180}P_{120}K_{90} > N_{150}P_{105}K_{90} > N_0P_0K_0$,其中在全膜覆土穴播种植方式下, Z_0F_1 比 Z_0F_2 , Z_0F_3 分别增产了 8.1% 和 13.5% 。试验结果表明,全膜覆土穴播方式可明显增加小麦产量, $N_{180}P_{120}K_{90}$ 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。

表 3 不同处理对小麦 2010—2011 年干物质积累量的影响

处理	种植方式	施肥量	干物质量/(kg/hm^2)			
			苗期	孕穗期	灌浆期	成熟期
Z_0F_1	全膜覆土穴播	$N_{180}P_{120}K_{90}$	1 474 ^a	8 768 ^a	20 033 ^a	25 353 ^a
Z_0F_2		$N_{150}P_{105}K_0$	1 263 ^a	7 625 ^{abc}	17 935 ^a	23 215 ^{ab}
Z_0F_3		$N_0P_0K_0$	1 134 ^a	6 693 ^{bc}	15 936 ^{abc}	21 289 ^{abc}
Z_1F_1	全膜不覆土穴播	$N_{180}P_{120}K_{90}$	1 503 ^a	8 059 ^{ab}	15 858 ^{abc}	22 930 ^{ab}
Z_1F_2		$N_{150}P_{105}K_0$	1 384 ^a	7 069 ^{abc}	13 442 ^{bcd}	21 104 ^{abc}
Z_1F_3		$N_0P_0K_0$	1 187 ^a	6 062 ^{bcd}	12 081 ^{cd}	16 874 ^{abcd}
Z_2F_1	全膜小垄沟覆土穴播	$N_{180}P_{120}K_{90}$	1 411 ^a	8 067 ^{ab}	16 907 ^{ab}	23 584 ^{ab}
Z_2F_2		$N_{150}P_{105}K_0$	1 225 ^a	6 873 ^{bc}	14 488 ^{bcd}	22 684 ^{ab}
Z_2F_3		$N_0P_0K_0$	1 145 ^a	6 108 ^{bc}	12 404 ^{cd}	20 247 ^{bc}
Z_3F_1	露地穴播	$N_{180}P_{120}K_{90}$	674 ^b	3 231 ^d	7 798 ^{cd}	11 471 ^{cd}
Z_3F_2		$N_{150}P_{105}K_0$	634 ^b	3 073 ^d	7 280 ^{cd}	10 292 ^{cd}
Z_3F_3		$N_0P_0K_0$	566 ^b	2 947 ^d	6 736 ^d	9 681 ^d

注:施肥水平下标为各类肥的施用量(kg/hm^2)。下同。同列不同小写字母表示处理间差异显著。下同。

表 4 小麦产量分析

处理	种植方式	施肥量	产量/(kg/hm^2)		
			2010 年	2011 年	合计
Z_0F_1	全膜覆土穴播	$N_{180}P_{120}K_{90}$	4 034 ^a	1 564 ^a	5 598 ^a
Z_0F_2		$N_{150}P_{105}K_0$	3 754 ^{ab}	1 426 ^a	5 180 ^{ab}
Z_0F_3		$N_0P_0K_0$	3 728 ^{ab}	1 203 ^{ab}	4 931 ^{bc}
Z_1F_1	全膜不覆土穴播	$N_{180}P_{120}K_{90}$	3 656 ^b	909 ^{bc}	4 565 ^{bc}
Z_1F_2		$N_{150}P_{105}K_0$	3 430 ^{bc}	804 ^{bc}	4 234 ^{cd}
Z_1F_3		$N_0P_0K_0$	3 385 ^{bc}	709 ^{cd}	4 094 ^{cd}
Z_2F_1	全膜小垄沟覆土穴播	$N_{180}P_{120}K_{90}$	3 780 ^{ab}	1 405 ^a	5 185 ^{ab}
Z_2F_2		$N_{150}P_{105}K_0$	3 572 ^{bc}	1 254 ^{ab}	4 826 ^{bc}
Z_2F_3		$N_0P_0K_0$	3 595 ^{bc}	1 105 ^{bc}	4 700 ^{bc}
Z_3F_1	露地穴播	$N_{180}P_{120}K_{90}$	2 980 ^{cd}	259 ^d	3 239 ^d
Z_3F_2		$N_{150}P_{105}K_0$	2 872 ^{cd}	255 ^d	3 127 ^d
Z_3F_3		$N_0P_0K_0$	2 833 ^d	255 ^d	3 088 ^d

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 和 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% 和 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: $N_{180}P_{120}K_{90} > N_{150}P_{105}K_0 > N_0P_0K_0$, 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% 和 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/ (t kg/(mm·hm ²))		
			2010 年	2011 年	平均
Z_0F_1	全膜覆土穴播	$N_{180}P_{120}K_{90}$	13.2 ^a	9.5 ^a	11.4 ^a
Z_0F_2		$N_{150}P_{105}K_0$	12.4 ^b	8.3 ^{ab}	10.4 ^b
Z_0F_3		$N_0P_0K_0$	12.3 ^{bc}	7.1 ^{bc}	9.7 ^{bc}
Z_1F_1	全膜不覆土穴播	$N_{180}P_{120}K_{90}$	12.3 ^{bc}	5.5 ^{cd}	8.9 ^{cd}
Z_1F_2		$N_{150}P_{105}K_0$	12.0 ^{bcd}	4.7 ^{cd}	8.4 ^d
Z_1F_3		$N_0P_0K_0$	11.5 ^d	4.7 ^{cd}	8.1 ^d
Z_2F_1	全膜小垄沟覆土穴播	$N_{180}P_{120}K_{90}$	12.3 ^{bc}	9.1 ^{ab}	10.7 ^{ab}
Z_2F_2		$N_{150}P_{105}K_0$	11.8 ^{cd}	7.2 ^{bc}	9.5 ^c
Z_2F_3		$N_0P_0K_0$	12.0 ^{bcd}	5.8 ^{cd}	8.8 ^{cd}
Z_3F_1	露地穴播	$N_{180}P_{120}K_{90}$	9.0 ^e	1.9 ^e	5.4 ^e
Z_3F_2		$N_{150}P_{105}K_0$	8.9 ^e	1.7 ^e	5.2 ^e
Z_3F_3		$N_0P_0K_0$	9.2 ^e	1.5 ^e	5.3 ^e

3 结果讨论

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 cm, 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, 有效的降低了生产成本, 操作简单易行, 增产效果显著^[2,8]。试验结果表明, 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^[13] 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^[14]。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

(1) 与其它穴播方式相比, 全膜覆土穴播方式有利于小麦碳水化合物合成, 增加小麦干物质积累量; 实施 N、P 和 K 平衡施肥, 干物质积累量增加效果显著。

(2) 全膜覆土穴播方式较露地穴播小麦增产 59.7%~72.8%, 干旱年份可达 3~5 倍; 在全膜覆土穴播方式下, N、 P_2O_5 和 K_2O 的用量分别为 180, 120 和 90 kg/hm² 时, 小麦产量较露地方式下农民习惯施肥($N_{150}P_{105}K_0$) 增加了 79.0%。

(3) 全膜覆土穴播小麦水分利用效率较露地穴播提高 83.0%~111.1%, 干旱年份水分利用效率可达 3~4 倍; 全膜覆土穴播方式下, $N_{180}P_{120}K_{90}$ 施肥水平较农民习惯施肥($N_{150}P_{105}K_0$), 小麦水分利用效率提高了 9.6%。

[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] 侯慧芝, 郭天文, 吕军峰, 等. 陇中半干旱区全膜覆土穴播小麦的土壤水分及产量效应[J]. 作物杂志, 2010(1): 13-15.
- [4] 金亮, 刘素敏, 李靖, 等. 甘谷县小麦全膜免耕穴播栽培技术[J]. 中国农技推广, 2008(11): 21-22.
- [5] 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.
- [6] 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.

(下转第 186 页)

3.2.3 生态护坡群落的生态学特征分析 群落多样性是生态系统维持其功能运行的重要特征,与生态系统抵御逆境和干扰的能力紧密相关,多样性的提高可增加系统的稳定性。因此,群落多样性可反映恢复群落的生态意义大小。从图 2 可看出,随着播种物种的增加,群落多样性指标呈递增变化,群落的 Margalef 丰富度指数、Shannon 指数、Simpson 多样性指数和 Pielou 均匀度指数变化规律基本一致,差异性不明显,表明增加播种物种种类可显著提高物种多样性,韶赣高速沿线护坡采用多种不同灌木与草本的混播,极大提高了群落的物种多样性。

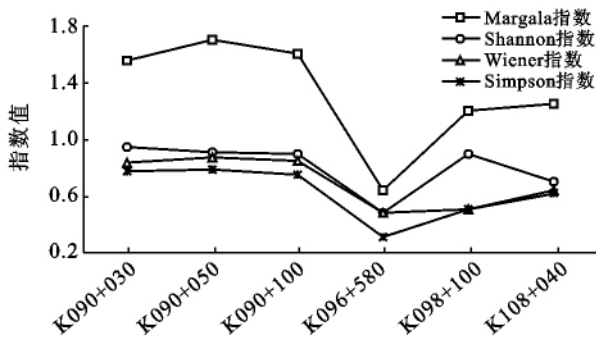


图 2 试验区上边坡不同样地多样性指数

4 结论

(1) 与纯草种防护相比,草灌混播技术对土壤贫瘠、易风化、易冲刷的红砂岩边坡防护适应性较强,采用一定配比的本地乡土灌木、豆科植物和少量草种等组成的多物种组合可有效构建较为稳定的红砂岩边

坡植物群落,生态防护效果良好。

(2) 对依托工程护坡植被的生态学研究结果充分反映了该工程生态防护实施两年后恢复群落物种组成、结构、功能等方面表现出的差异,表明了群落潜在演替趋势。豆科、菊科和禾本科 3 大科植物对该工程生态恢复及丰富群落物种构成起到重要作用。

(3) 较适合粤北红砂岩地区边坡防护工程的灌木植物包括山毛豆、木豆、银合欢,合欢和多花木兰等植物。荆条、台湾相思、紫穗槐、盐肤木等物种可作为次要配选物种,同时,建议引种具有本地优势的乡土植物,如桃金娘、欏木、黄栀子、映山红、金樱子等灌木来丰富高速公路沿线护坡景观。

[参 考 文 献]

- [1] 李青芳,何宜典. 公路边坡防护与生态恢复[J]. 水土保持研究,2006,13(6):273-275.
- [2] 谭少华,汪溢敏. 高速公路边坡生态防护技术研究进展与思考[J]. 水土保持研究,2004,11(3):81-84.
- [3] 宋桂龙,高小虎,韩烈保. 高速公路边坡生态护坡效果定量评价研究[J]. 水土保持通报,2011,31(1):203-206.
- [4] 周立荣,向波,周德培. 红砂岩砂岩边坡生态防护技术探讨[J]. 地质灾害与环境保护,2006,17(4):105-108.
- [5] 钟守宾,赵明华,陈昌富. 破碎岩质边坡生态防护技术研究[J]. 公路,2004(10):174-177.
- [6] 郑煜基,卓慕宁,李定强. 草灌混播在边坡绿化防护中的应用[J]. 生态环境,2007,16(1):149-151.
- [7] 田国行,杨春,杨晓明. 路基边坡草灌植被消减降雨侵蚀定量分析[J]. 中国农业大学学报,2010,15(2):24-29.
- [8] 王晓亚,文俭平,蒋飞跃. 河道整治工程中灌草植物应用研究浅议[J]. 草业科学,2009,26(7):165-172.

(上接第 180 页)

- [7] 张平良,郭天文,侯慧芝,等. 半干旱区全膜覆土穴播小麦高产施肥技术研究[J]. 作物杂志,2011(5):45-47.
- [8] 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,2012,30(1):33-38.
- [9] 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[M]. 河南 郑州:黄河水利出版社,2003:8-12.
- [10] 张平良,郭天文,吕军峰,等. 全膜双垄沟播玉米干物质积累规律及高产施肥技术研究[J]. 西北农业学报,2010,19(8):33-35.
- [11] Dowdle S, Portch S A. Systematic approach for deter-

- mining soil nutrient constrains and establishing balanced fertilizer recommendations for sustained high yield[C]. Beijing: Proceedings of the International Symposium on Balanced Fertilization, 1988: 243-251.
- [12] 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,1999,34(4):42-44.
- [13] 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.
- [14] 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]. 甘肃 兰州:甘肃科学技术出版社,1992:20-24.