

灌耕灰钙土耕层物理性质及其对玉米产量的影响

王成宝, 霍琳, 温美娟, 杨思存

(甘肃省农业科学院土壤肥料与节水农业研究所, 甘肃 兰州 730070)

摘要: 在调查甘肃引黄灌区玉米产量、施肥量和土壤理化性状基础上, 2015 年确定 60 个地块作为研究对象, 分层采集 0~40 cm 土层土壤样品, 研究土壤三相、紧实度、水稳性团聚体含量和有机质含量的变异规律及其与玉米产量、化肥偏生产力的关系。结果表明, 0~40 cm 土层土壤三相 δ 值、土壤紧实度、土壤 >0.25 mm 水稳性团聚体含量和有机质含量均呈中等变异特征。土壤紧实度随土层加深而显著增加, 土壤三相 δ 值、>0.25 mm 水稳性团聚体含量和有机质含量均有随着土层加深而降低的趋势。玉米产量与 0~40 cm 土层土壤三相 δ 值和土壤紧实度呈极显著负相关, 与土壤 >0.25 mm 水稳性团聚体含量和土壤有机质含量呈极显著正相关; 磷肥偏生产力与 0~40 cm 土层土壤三相 δ 值呈极显著正相关, 与土壤紧实度呈显著正相关, 与土壤 >0.25 mm 水稳性团聚体含量和土壤有机质含量呈极显著负相关; 氮肥偏生产力与 4 个指标之间均达不到差异显著水平。玉米产量与土壤紧实度、土壤三相 δ 值的关系可用一元二次方程来拟合, 与土壤 >0.25 mm 水稳性团聚体含量、土壤有机质含量的关系可用一元线性方程来拟合。多元逐步回归分析表明, 玉米产量最终取决于土壤 >0.25 mm 水稳性团聚体含量和土壤有机质含量两个关键因素。

关键词: 耕层物理性状; 玉米产量; 偏生产力; 灌耕灰钙土; 甘肃引黄灌区

中图分类号: S158; S513 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1463(2021)07-0024-09

doi: 10.3969/j.issn.1001-1463.2021.07.005

Soil Physical Properties and Their Effects on Corn Yield in Irrigated Farming Sierozem

WANG Chengbao, HUO Lin, WEN Meijuan, YANG Sicun

(Institute of Soil, Fertilizer and Water-saving Agriculture, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou Gansu 730070, China)

Abstract: Based on the investigations of corn yields, fertilizer application rates and soil physical and chemical properties in Gansu Yellow River irrigation district in 2015, the layered 0~40 cm soil samples were collected as the research object in 60 corn fields for the variability of soil three-phase, compaction, water-stable aggregate, organic matter content and their partial correlations with corn yield and partial factor productivity. The results showed that the averages of soil three-phase δ value, soil compaction, >0.25 mm water-stable aggregate and organic matter content in 0-40 cm soil showed moderate variability. The soil compaction significantly increased with the increase of soil depth, but the soil three-phase δ value, >0.25 mm water-stable aggregate and organic matter content decreased with the increase of soil depth. Corn yields were extremely negative

收稿日期: 2021-01-20; **修订日期:** 2021-05-15

基金项目: 农业农村部公益性行业(农业)科研专项(201503117); 甘肃省农业科学院重点研发计划(2020GAAS19)。

作者简介: 王成宝(1979—), 男, 甘肃兰州人, 副研究员, 主要从事土壤养分资源管理研究工作。Email: wcbl7901@163.com。

通信作者: 杨思存(1971—), 男, 甘肃靖远人, 研究员, 主要从事土壤养分资源管理研究工作。Email: yangsicun@sina.com。

correlated with 0~40 cm soil three-phase δ value and soil compaction, but extremely positive correlated with >0.25 mm water-stable aggregate and organic matter content, significantly. Phosphate partial factor productivity were extremely positive correlated with three-phase δ value, positive correlated with soil compaction, but extremely negative correlated with >0.25 mm water-stable aggregate and organic matter content 0~40 cm soil depth. There were no significant difference between nitrogen partial factor productivity and the four indexes. The relationships between corn yield and soil compaction, soil three-phase δ value could be fitted by quadratic unary equation, and that of >0.25 mm water-stable aggregate and organic matter content could be fitted by unary linear equation. The results of multivariate stepwise regression analysis showed that >0.25 mm water-stable aggregate and organic matter content were the key factors to decide corn yield.

Key words: Soil physical properties; Corn yield; Partial factor productivity; Irrigated farming sierozem; Gansu Yellow River irrigation district

三相比、紧实度和团聚体是重要的土壤物理因子,它们直接或间接影响着土壤水肥气热的协调供应和土壤养分、水分的运移,对维持土壤肥力、保证作物高产稳产有重要意义^[1-2]。土壤三相比是容重、孔隙度和含水量的综合反映^[3],紧实度反映了土壤阻碍作物根系穿透的能力^[4],水稳性团聚体反映了土壤的结构状况和养分存储与供应、持水性、通透性等能力的高低^[5-6],并通过对土壤水、通气性、温度等的影响而直接影响作物生产力^[7]。这些指标直观反映了土壤固、液、气三相组成的相对比例关系以及固、液两态相互作用时的性质,是评价土壤物理性状的重要指标,其重要性越来越得到学者重视。近年来,由于小型农机具的推广普及和旋耕、免耕作业的大量应用,导致土壤耕层逐渐变浅、上层土壤粉化、下层土壤沉积压实、犁底层不断加厚,严重影响了土壤蓄水保墒能力和供肥能力^[8-10]。因此,研究摸清耕层主要物理性质变化及其对作物产量的影响,对合理耕层构建而言显得尤为重要。

灌耕灰钙土是暖温带荒漠边缘典型干旱土壤,主要分布于黄河中上游的一、二级阶地,具有土层深厚、耕性好、钙积层不明显等特点,但由于干旱缺水,作物产量一般都不高。从 20 世纪 60 年代开始,甘肃黄河段相继建成了景电、兴电、刘川、靖会等几十

处电力提灌工程,约有 30 万 hm^2 灰钙土旱作农田变成了水浇地,极大地改善了这一区域的农业生产条件^[11]。但在这一过程中,由于不合理灌溉、小型农机具反复碾压、长期单一浅耕作业和秸秆还田利用率低等因素,导致一些农田土壤出现了耕层薄化、犁底层压实、结构变劣等问题,严重影响作物根系深层分布和肥水资源高效利用。我们通过在甘肃引黄灌区大范围调查采样分析,研究了灌耕灰钙土 0~40 cm 土层土壤三相比 δ 值、紧实度、 >0.25 mm 水稳性团聚体含量和有机质含量状况,并分析了其与玉米产量、化肥偏生产力等的关系,以期构建灰钙土水浇地合理耕层提供参考。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区位于甘肃省白银市的景电、兴电、刘川、靖会灌区($E103^{\circ} 42' 18'' \sim 105^{\circ} 10' 25''$, $N36^{\circ} 21' 29'' \sim 37^{\circ} 36' 32''$),分别隶属于景泰、靖远、会宁 3 个县,海拔 1 408~1 792 m。年降水量 200~300 mm,蒸发量 2 000 mm 以上,土壤类型主要是灰钙土。主要采用大水漫灌和串灌等方式,耕作方式有翻耕、旋耕、免耕、深松等,耕作机械以 66 kW 以下的小型农机具为主^[12]。

1.2 采样方法

1.2.1 调查地点 调查采样时间为 2015 年秋季玉米收获时,共筛选了 60 个代表性地

块,其中景电灌区 30 个、兴电灌区 20 个、刘川灌区 5 个、靖会灌区 5 个。玉米品种以先玉 335 为主,灌溉量和施肥量相近,耕作方式兼有翻耕、旋耕、免耕、深松等。化肥施用量以每个地块的调查数据为准。

1.2.2 玉米产量 采用农业农村部高产创建玉米测产方法^[13],即每个地块在远离边际位置取有代表性的样点 4 行 15 m,准确丈量实际面积;收获全部果穗,计算果穗数目,称取所有果穗鲜重;按平均穗重法选取 20 个果穗,测定鲜穗出籽率和籽粒含水率,最后计算实测产量。

1.2.3 土壤容重 每个地块选择 3 个代表性区域,用环刀法测定 0~10、10~20、20~40 cm 土层土壤容重并计算土壤孔隙度,同时用烘干法测定各土层土壤含水量,最后计算土壤三相比 δ 值。

1.2.4 土壤紧实度 每个地块选择 10 个代表性区域,用美国产 SC900 土壤紧实度仪测定 0~45 cm 土壤紧实度,每隔 2.5 cm 1 个读数,以相同层次 10 个点的平均值代表该地块的土壤紧实度。

1.2.5 水稳性团聚体 每个地块选择 3 个代表性区域,用湿筛法测定 0~10、10~20、20~40 cm 土层土壤 >0.25 mm 水稳性团聚体含量,以相同层次 3 个点的平均值代表该地块的水稳性团聚体含量。

1.2.6 土壤有机质 每个地块选择 3 个代表性区域,采集 0~20 cm 耕层土壤样品,用重铬酸钾外加热容量法测定,以 3 个点的平均值代表该地块的土壤有机质含量。

1.3 计算方法

玉米产量计算公式为:

$$Y=W \times S \div A \times 1000 \times (1-M) \div (1-14\%) \quad (1)$$

式中: Y 为玉米产量实测值(kg/hm²), W 为收获的鲜穗重(kg), S 为鲜穗出籽率(%), A 为收获样点实际面积(m²), M 为籽

粒含水率(%), 10 000 为面积换算系数, 14% 为玉米标准含水率。

土壤三相比 δ 值计算公式为:

$$\delta = \sqrt{0.4 \times (X-50)^2 + (Y-25)^2 + 0.6 \times (Z-25)^2} \quad (2)$$

式中, δ 是测定土壤三相比与适宜状态下土壤三相比在空间距离上的差值, X 是土壤固相, Y 是土壤液相, Z 是土壤气相, δ 值越大,土壤三相比越差^[14]。

0~40 cm 土层土壤三相比由加权平均值计算: $\delta_{0-40} = (h_1 r_1 + h_2 r_2 + h_3 r_3) / (h_1 + h_2 + h_3)$ (3)

式中: δ_{0-40} 代表 0~40 cm 土壤三相比的加权平均值, h 和 r 分别代表各土层厚度和对应的土壤三相比, 1、2、3 分别代表 0~10、10~20、20~40 cm 3 个土层。

土壤 >0.25 mm 水稳性团聚体含量计算公式为^[15]: $WSA_{0.25} = M_{r>0.25} / M_T \times 100\%$ (4)

式中: $WSA_{0.25}$ 为土壤粒径 >0.25 mm 团聚体的含量, $M_{r>0.25}$ 为粒径 >0.25 mm 团聚体的重量, M_T 为团聚体的总重量。

0~40 cm 土层土壤紧实度、水稳性团聚体的计算同式 (3)。

化肥偏生产力(PFP)计算公式为^[16]:

$$PFP = Y / F \quad (5)$$

式中: Y 为玉米产量实测值(kg/hm²); F 为化肥纯养分投入量(N、P₂O₅, kg/hm²)。

1.4 数据处理

采用 Excel 2016 和 SPSS 18.0 统计分析软件进行试验数据分析和绘图,多重比较用 LSD 法。

2 结果与分析

2.1 样地土壤基本物理性质及有机质含量特征

通过表 1、表 2 可以看出, 0~10 cm 土层的土壤三相比 δ 值为 5.67~20.89, 平均为 11.52; 10~20、20~40 cm 土层的土壤

三相比平均值分别为 10.72、10.93，虽然下层高于上层，但最小值和最大值均为上层高于下层，总体上呈随土层加深而降低的趋势；0~40 cm 土层土壤三相比 δ 值的变异系数介于 27.00%~39.43%，变异强度中等，呈随土层加深而增加的趋势。

土壤紧实度在剖面上的变化趋势与土壤三相比 δ 值不同。随土层加深而显著增加，0~10、10~20、20~40 cm 土层土壤紧实度的平均值分别为 1 070、1 404、1 655 kPa，变异系数分别为 34.58%、31.84%、39.82%，变异强度均为中等。0~40 cm 整个土层土壤紧实度为 600~2 869 kPa，变异系数为 32.93%。

土壤 >0.25 mm 水稳性团聚体含量表现出随土层加深而变小的趋势，0~10、10~20、20~40 cm 土层平均值分别为 19.44%、10.47%、6.95%，变异系数分别为 16.05%、21.11%、25.18%，变异强度均为中等。0~

40 cm 整个土层土壤 >0.25 mm 水稳性团聚体含量为 7.58%~18.79%，变异系数为 19.36%。

土壤有机质含量与 >0.25 mm 水稳性团聚体含量的变化趋势相同，也随土层加深而变小，0~10、10~20、20~40 cm 土层平均值分别为 13.5、11.5、9.0 g/kg，变异系数分别为 22.96%、23.48%、24.44%，变异强度均为中等。0~40 cm 整个土层有机质含量为 7.0~17.5 g/kg，变异系数为 23.15%。

2.2 玉米产量、施肥量及化肥偏生产力

从图 1 可以看出，甘肃引黄灌耕灰钙土区玉米产量总体较高，为 11 250~17 250 kg/hm²，平均为 13 867 kg/hm²，高于全省 (5 595 kg/hm²) 和全国 (5 460 kg/hm²)，其中大部分样点在 13 250 kg/hm² 左右，占到了样本总量的 52%。从施肥量来看，施氮量 (N) 为 270~450 kg/hm²，平均 357 kg/hm²，高于全省 (141 kg/hm²) 和全国 (162 kg/hm²)；施磷

表 1 不同土层土壤三相比 δ 值及土壤紧实度

土层 /cm	土壤三相比 δ 值					土壤紧实度				
	最小值	最大值	平均值	标准差	变异系数 /%	最小值 /kPa	最大值 /kPa	平均值 /kPa	标准差	变异系数 /%
0~10	5.67	20.89	11.52	3.11	27.00	396	2 125	1 070	370	34.58
10~20	3.12	20.81	10.72	3.88	36.19	490	2 698	1 404	447	31.84
20~40	2.83	18.77	10.93	4.31	39.43	779	3 848	1 655	659	39.82
0~40	4.11	19.01	11.02	3.45	31.31	600	2 869	1 412	465	32.93

表 2 不同土层土壤 >0.25 mm 水稳性团聚体及有机质含量

土层 /cm	>0.25 mm水稳性团聚体					有机质含量				
	最小值 /%	最大值 /%	平均值 /%	标准差	变异系数 /%	最小值 /(g/kg)	最大值 /(g/kg)	平均值 /(g/kg)	标准差	变异系数 /%
0~10	13.22	31.49	19.44	3.12	16.05	9.4	21.9	13.5	3.1	22.96
10~20	7.38	18.78	10.47	2.21	21.11	7.3	18.5	11.5	2.7	23.48
20~40	4.18	12.45	6.95	1.75	25.18	5.4	15.3	9.0	2.2	24.44
0~40	7.58	18.79	10.95	2.12	19.36	7.0	17.5	10.8	2.5	23.15

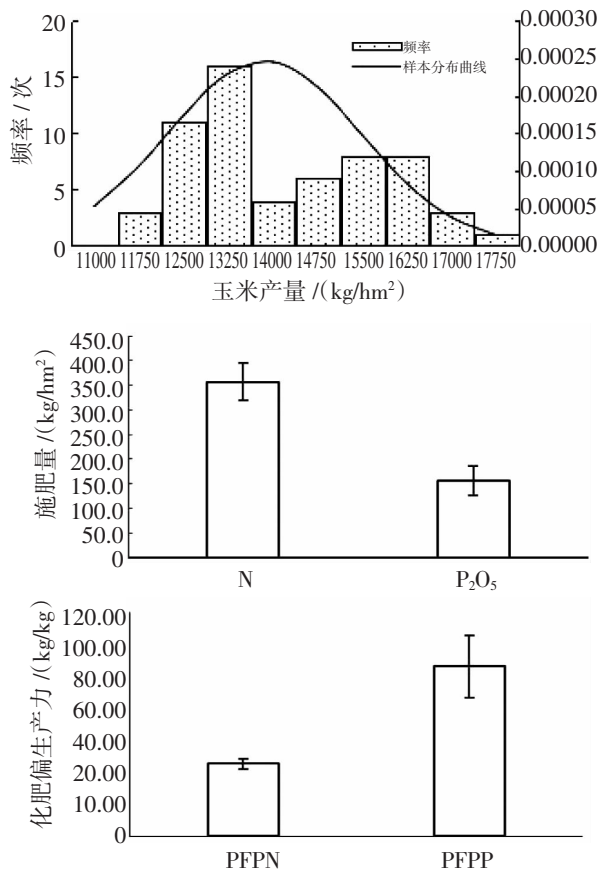


图 1 玉米产量、施肥量和化肥偏生产力

量(P_2O_5)为 90~225 kg/hm², 平均 157 kg/hm², 高于全省(57kg/hm²)和全国(66kg/hm²)。从化肥偏生产力来看, 氮肥(N)偏生产力为 36.0~43.2 kg/kg, 平均 38.8 kg/kg, 与全省(40 kg/kg)和全国(39 kg/kg)相当; 磷肥(P_2O_5)偏生产力为 76.7~129.7 kg/kg, 平均 90.3 kg/kg, 略低于全省(98 kg/kg)和全国(96 kg/kg)。

2.3 玉米产量和化肥偏生产力与土壤主要理化性质的关系

偏相关分析表明(表3), 玉米产量除与 0~10 cm 土壤紧实度的偏相关系数(0.244)达不到差异显著水平外, 与其他土层土壤三相比 δ 值和土壤紧实度均呈极显著负相关, 与各土层土壤 >0.25 mm 水稳性团聚体含量和土壤有机质含量均呈极显著正相关, 表明所选择的 4 个参数与玉米产量均密切相关。氮肥偏生产力与土壤三相比 δ 值、土壤紧实度、土壤 >0.25 mm 水稳性团聚体含量和土壤有机质含量之间均达不到差异显著水平,

表 3 玉米产量、化肥偏生产力与土壤理化性状的偏相关分析^①

土壤物理性状	土层/cm	玉米产量/(kg/hm ²)	氮肥偏生产力/(kg/kg)	磷肥偏生产力/(kg/kg)
土壤三相比 δ 值	0~10	-0.405**	-0.047	0.284*
	10~20	-0.393**	-0.058	0.400**
	20~40	-0.370**	-0.060	0.245
	0~40	-0.433**	-0.064	0.329**
土壤紧实度	0~10	-0.244	0.042	0.260*
	10~20	-0.383**	-0.045	0.254*
	20~40	-0.377**	-0.073	0.310*
	0~40	-0.397**	-0.053	0.324*
土壤>0.25 mm水稳性团聚体含量	0~10	0.458**	0.054	-0.309*
	10~20	0.467**	0.021	-0.351**
	20~40	0.445**	0.006	-0.339**
	0~40	0.473**	0.028	-0.344**
土壤有机质含量	0~10	0.462**	0.009	-0.352**
	10~20	0.450**	0.036	-0.344**
	20~40	0.465**	0.038	-0.377**
	0~40	0.467**	0.026	-0.366**

① * 表示 $P < 0.05$, ** 表示 $P < 0.01$, 下表同。

即这4个参数不能很好地表征氮肥肥效。磷肥偏生产力与10~20、0~40 cm 土层土壤三相比 δ 值的偏相关系数(0.400、0.329)呈极显著正相关,与各土层土壤有机质含量和10~20、20~40、0~40 cm 土层土壤>0.25 mm 水稳性团聚体含量的偏相关系数(0.351、0.339、0.344)呈极显著负相关,与各土层土壤紧实度和0~10 cm 土层土壤三相比 δ 值的偏相关系数(0.284)呈显著正相关,与0~10 cm 土层>0.25 mm 水稳性团聚体含量的偏相关系数(0.309)呈显著负相关,唯独与20~40 cm 土层土壤三相比 δ 值的偏相关系数(0.245)达不到差异显著水平。

2.4 各因子之间的相互关系

相关分析表明(表4),在0~40 cm 土层范围内,各层次土壤紧实度、土壤三相比 δ 值与土壤>0.25 mm 水稳性团聚体含量、土壤有机质含量之间均呈极显著负相关,土壤紧实度与土壤三相比 δ 值之间、土壤>0.25 mm 水稳性团聚体含量与土壤有机质含量间均呈极显著正相关,其中土壤紧实度、土壤

>0.25 mm 水稳性团聚体含量、土壤有机质含量与土壤三相比 δ 值之间,以及土壤紧实度与土壤有机质含量之间的 Pearson 相关系数均随着土层的加深而增加。从各相关系数的绝对值来看,土壤>0.25 mm 水稳性团聚体含量与土壤有机质含量之间的相关系数最大,其次是土壤三相比 δ 值与土壤有机质含量和土壤>0.25 mm 水稳性团聚体含量之间的相关系数,说明这三者之间的关系更加密切。一方面,土壤有机质含量的增加促进了水稳性团聚体的形成,从而降低了土壤三相比;另一方面,疏松土层有利于作物根系发育和分布,进一步促进了土壤有机质含量的增加和土壤>0.25 mm 水稳性团聚体的形成^[17]。

为了定量比较各因子对玉米产量影响的相对重要性,采用多元逐步回归分析,得到玉米产量与各土层土壤紧实度、土壤三相比 δ 值、土壤>0.25 mm 水稳性团聚体、土壤有机质含量的关系式:

$$0 \sim 10 \text{ cm 土层: } Y=10\ 598.504+242.981X_4 \\ (R^2=0.214^{**}, F=15.781, P<0.01; t_{X4}=3.973^{**})$$

表4 各因子间的 Pearson 相关系数^①

	SC ₁	SC ₂	SC ₃	SC	δ_1	δ_2	δ_3	δ	WSA ₁	WSA ₂	WSA ₃	WSA	SOM ₁	SOM ₂	SOM ₃
SC ₂	0.70**														
SC ₃	0.54**	0.69**													
SC	0.73**	0.85**	0.96**												
δ_1	0.54**	0.66**	0.77**	0.79**											
δ_2	0.62**	0.73**	0.84**	0.87**	0.73**										
δ_3	0.71**	0.80**	0.79**	0.87**	0.53**	0.68**									
δ	0.74**	0.85**	0.90**	0.96**	0.76**	0.87**	0.93**								
WSA ₁	-0.66**	-0.75**	-0.75**	-0.82**	-0.64**	-0.79**	-0.85**	-0.90**							
WSA ₂	-0.63**	-0.69**	-0.63**	-0.72**	-0.57**	-0.71**	-0.80**	-0.83**	0.85**						
WSA ₃	-0.69**	-0.75**	-0.73**	-0.81**	-0.69**	-0.78**	-0.85**	-0.91**	0.88**	0.92**					
WSA	-0.69**	-0.77**	-0.74**	-0.83**	-0.67**	-0.80**	-0.87**	-0.92**	0.95**	0.95**	0.98**				
SOM ₁	-0.64**	-0.74**	-0.71**	-0.79**	-0.63**	-0.77**	-0.86**	-0.90**	0.89**	0.92**	0.95**	0.96**			
SOM ₂	-0.68**	-0.77**	-0.76**	-0.84**	-0.66**	-0.83**	-0.87**	-0.92**	0.91**	0.91**	0.95**	0.96**	0.97**		
SOM ₃	-0.70**	-0.79**	-0.78**	-0.86**	-0.70**	-0.81**	-0.89**	-0.94**	0.93**	0.91**	0.95**	0.97**	0.94**	0.97**	
SOM	-0.68**	-0.78**	-0.77**	-0.84**	-0.68**	-0.81**	-0.89**	-0.94**	0.93**	0.92**	0.96**	0.98**	0.98**	0.99**	0.99**

①SC: 0~40 cm 土层土壤紧实度; δ : 土壤三相比 δ 值; WSA: 土壤>0.25 mm 水稳性团聚体含量; SOM: 土壤有机质含量; 1、2、3 分别代表 0~10、10~20、20~40 cm 土层深度。

10~20 cm 土层: $Y=10\ 255.081+344.309X_3$
($R^2=0.218^{**}$, $F=16.187$, $P<0.01$; $t_{X3}=4.023^{**}$)

20~40 cm 土层: $Y=10\ 703.295+349.516X_4$
($R^2=0.216^{**}$, $F=15.987$, $P<0.01$; $t_{X4}=3.998^{**}$)

0~40 cm 土层: $Y=9\ 904.628+361.580X_3$
($R^2=0.224^{**}$, $F=16.757$, $P<0.01$; $t_{X3}=4.093^{**}$)

式中: Y 为玉米产量; X_3 为该土层土壤 >0.25 mm 水稳性团聚体含量, X_4 为该土层土壤有机质含量; t 为自变量的偏回归系数。从上述关系式可以看出, 虽然不同土层影响玉米产量的主效因子不同, 但总体上与 10~20、0~40 cm 土层土壤 >0.25 mm 水稳性团聚体含量以及 0~10、20~40 cm 土层土壤有机质含量的关系最密切, 均与玉米产量呈极显著正相关, 而其他各土层的土壤紧实度、土壤三相比 δ 值虽然也直接或间接影响着玉米产量, 但关系不密切。

2.5 合理耕层指标的拟合

从表 5 可以看出, 玉米产量与土壤紧实度、土壤三相比 δ 值的关系可以用一元二次方程来拟合, 0~10、10~20、20~40 cm 土层土壤三相比 δ 值的决定系数 R^2 (0.168、0.181、0.137)和 10~20、20~40 cm 土层土壤紧实度的决定系数 R^2 (0.147、0.194)均达

到极显著水平; 0~10 cm 土层土壤紧实度的决定系数 R^2 (0.085)也达到显著水平。玉米产量与土壤 >0.25 mm 水稳性团聚体含量、土壤有机质含量的关系可以用一元线性方程来拟合, 0~10、10~20、20~40 cm 土层土壤 >0.25 mm 水稳性团聚体含量的决定系数 R^2 (0.209、0.218、0.198)和土壤有机质含量的决定系数 R^2 (0.214、0.206、0.216)均达到极显著水平。从玉米产量与土壤紧实度、土壤三相比 δ 值、土壤 >0.25 mm 水稳性团聚体含量、土壤有机质含量的拟合方程得到, 甘肃引黄灌区灌耕灰钙土适宜条件下的玉米产量以 15 000 kg/hm² 为目标时, 0~10、10~20、20~40 土层土壤三相比 δ 值合理耕层指标分别为 6.94、5.43、2.78, 土壤紧实度分别为 370、909、945 kPa, 土壤 >0.25 mm 水稳性团聚体分别为 24.25%、13.78%、9.68%, 土壤有机质含量分别为 18.1、15.8、12.3 g/kg。

3 结论

甘肃引黄灌区灌耕灰钙土 0~40 cm 土壤三相比 δ 值平均为 11.02, 土壤紧实度平均为 1 412 kPa, 土壤 >0.25 mm 水稳性团聚体含量平均为 10.95%, 土壤有机质含量平均

表 5 玉米 15 000 kg/hm² 产量下对应的合理耕层指标

土壤物理性状	土层 /cm	拟合方程	决定系数 (R^2)	合理耕层指标
土壤三相比 δ 值	0~10	$y=7.758\ 8x^2-405.89x+17442$	0.168 ^{**}	6.94
	10~20	$y=13.113x^2-462.82x+17\ 128$	0.181 ^{**}	5.43
	20~40	$y=-139.15x+15\ 387$	0.137 ^{**}	2.78
土壤紧实度	0~10	$y=0.001x^2-3.316\ 4x+16\ 090$	0.085 [*]	370
	10~20	$y=0.001\ 9x^2-7.383\ 2x+20\ 142$	0.147 ^{**}	909
	20~40	$y=0.000\ 6x^2-3.671\ 2x+17\ 933$	0.194 ^{**}	945
土壤 >0.25 mm水稳性团聚体含量	0~10	$y=232.71x+9\ 356$	0.209 ^{**}	24.25
	10~20	$y=344.31x+10\ 255$	0.218 ^{**}	13.78
	20~40	$y=418.31x+10\ 949$	0.198 ^{**}	9.68
土壤有机质含量	0~10	$y=242.98x+10\ 599$	0.214 ^{**}	18.1
	10~20	$y=268.99x+10\ 762$	0.206 ^{**}	15.8
	20~40	$y=349.52x+10\ 703$	0.216 ^{**}	12.3

为 10.8 g/kg, 均呈中等变异特征。土壤紧实度随土层加深而显著增加, 土壤三相比 δ 值、土壤 >0.25 mm 水稳性团聚体含量和有机质含量均有随着土层加深而降低的趋势。玉米产量与 0~40 cm 土层土壤三相比 δ 值和土壤紧实度呈极显著负相关, 与土壤 >0.25 mm 水稳性团聚体含量和土壤有机质含量呈极显著正相关; 磷肥偏生产力与 0~40 cm 土层土壤三相比 δ 值呈极显著正相关, 与土壤紧实度呈显著正相关, 与土壤 >0.25 mm 水稳性团聚体含量和土壤有机质含量呈极显著负相关; 氮肥偏生产力与 4 个指标之间均达不到差异显著水平。玉米产量与土壤紧实度、土壤三相比 δ 值的关系可以用一元二次方程来拟合, 与土壤 >0.25 mm 水稳性团聚体含量、土壤有机质含量的关系可以用一元线性方程来拟合。目标产量 15 000 kg/hm² 所对应的 0~10、10~20 cm 土层土壤三相比 δ 值分别为 6.94、5.43, 土壤紧实度分别为 370、909 kPa; 土壤 >0.25 mm 水稳性团聚体含量分别为 24.25%、13.78%, 土壤有机质含量分别为 18.1、15.8 g/kg。

多元逐步回归分析表明, 玉米产量最终取决于土壤 >0.25 mm 水稳性团聚体含量和土壤有机质含量两个关键因素。因此, 通过深松、深翻和秸秆还田等措施来打破犁底层^[18-19]、提高土壤有机质含量、降低耕层土壤紧实度、促进土壤大团聚体形成是提高甘肃引黄灌区玉米产量的关键。

参考文献:

- [1] 李潮海, 李胜利, 王群, 等. 下层土壤容重对玉米根系生长及吸收活力的影响[J]. 中国农业科学, 2005, 38(8): 1706-1711.
- [2] ZUAZO V H D, FLANAGAN D, TEJERO L G, et al. Sustainable land use and agricultural soil//LICHTFOUSE E, eds. Alternative farming systems, biotechnology, drought stress and ecological fertilization[M]. Amsterdam: Springer Netherlands, 2011: 107-192.
- [3] ARSHAD M A, FRANZLUEBBERS A J, AZOOZ R H. Components of surface soil structure under conventional and no-tillage in northwest Canada[J]. Soil & Tillage Research, 1999, 53: 41-47.
- [4] 刘宁, 李新举, 郭斌, 等. 机械压实过程中复垦土壤紧实度影响因素的模拟分析[J]. 农业工程学报, 2014, 30(1): 183-190.
- [5] ZHANG P, WEI T, JIA Z K, et al. Soil aggregate and crop yield changes with different rates of straw incorporation in semiarid areas of northwest China[J]. Geoderma, 2014, 230/231: 41-49.
- [6] YILMAZ E, SÖNMEZ M. The role of organic/bio-fertilizer amendment on aggregate stability and organic carbon content in different aggregate scales[J]. Soil and Tillage Research, 2017, 168: 118-124.
- [7] 陈恩凤, 周礼恺, 武冠云. 微团聚体的保肥供肥性能及其组成比例在评判土壤肥力水平中的意义[J]. 土壤学报, 1994, 31(1): 18-25.
- [8] KAHLON M S, FAUSEY N, LAL R. Effects of long-tillage on soil moisture dynamics and hydraulic properties[J]. Agricultural Research Journal, 2012, 49: 242-251.
- [9] 郑洪兵, 齐华, 刘武仁, 等. 玉米农田耕层现状、存在问题及合理耕层构建探讨[J]. 耕作与栽培, 2014(5): 39-42.
- [10] 石彦琴, 陈源泉, 隋鹏, 等. 农田土壤紧实的发生、影响及其改良[J]. 生态学杂志, 2010, 29(10): 2057-2064.
- [11] 甘肃农村年鉴编委会. 甘肃农村年鉴: 2015年[M]. 北京: 中国统计出版社, 2016.
- [12] 杨思存, 王成宝, 霍琳, 等. 不同耕作措施对甘肃引黄灌区耕地土壤有机碳的影响[J]. 农业工程学报, 2019, 35(2): 114-121.
- [13] 农业部农村办公厅. 农业农村部高产创建玉米测产方法 [EB/OL](2015-06-06)[2021-01-

咸阳烟区特色优质烟草品种筛选试验初报

杨 照

(陕西省烟草公司咸阳市公司, 陕西 咸阳 712000)

摘要: 在咸阳烟区对引进的6个优选烟草品种进行了品种筛选试验。结果表明, 表现最好的烟草品种是延安1号, 成熟度好, 抗病性强, 经济性状比较均衡, 烟叶总产量最高, 为2 122.50 kg/hm²; 产值也最高, 为58 405.8 00元/hm²。CC27成熟度和抗病性相对较强, 烟叶总产量较高, 为643.35 kg/hm²; 产值也最高, 为32 464.35元/hm²。云烟100烟叶总产量较低, 为260.55 kg/hm², 但其成熟度好, 上部叶片较大, 中上等烟叶的占比较高, 因此产值也较高, 为27 137.55元/hm²。建议在咸阳烟区推广种植延安1号, 搭配种植CC27、云烟100。

关键词: 烟草; 品种; 筛选试验; 咸阳烟区

中图分类号: S572 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1463(2021)07-0032-06

[doi:10.3969/j.issn.1001-1463.2021.07.006](https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-1463.2021.07.006)

Selection of Characteristic and High Quality Tobacco Cultivars in Xianyang Tobacco Growing Area

YANG Zhao

(Xianyang Tobacco Company of Shaanxi, Xianyang Shaanxi 712000, China)

Abstract: Six selected tobacco cultivars introduced were screened in Xianyang tobacco-growing area. The results showed that the tobacco variety with the best performance was Yan'an 1, which had good maturity, strong disease resistance and balanced economic characters. The total yield of tobacco leaf was the highest, which was 2 122.50 kg/hm², the Output value is also the highest, which is 58 405.800 yuan/hm². CC27 had relatively strong maturity and disease resistance, and the total yield of tobacco was 643.35 kg/hm², the output value is also the highest, which is 32 464.35 yuan/hm². The total yield of Yunyan 100 tobacco leaves was

收稿日期: 2021-05-30

基金项目: 陕西省烟草公司咸阳市公司重点科技项目专项(XYKJ-2020-01)。

作者简介: 杨照(1985—), 男, 陕西彬州人, 助理农艺师, 硕士, 研究方向为烟叶生产及烟草品种筛选。Email: vip.yangzhao@qq.com。

- 30]. <https://www.doc88.com/p-5458277240457.html>.
- [14] 郭海斌, 冀保毅, 王巧锋, 等. 深耕与秸秆还田对不同质地土壤物理性状和作物产量的影响[J]. 河南农业大学学报, 2014, 48(4): 505-511.
- [15] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1983.
- [16] 张福锁, 王激清, 张卫峰, 等. 中国主要粮食作物肥料利用率现状与提高途径[J]. 土壤学报, 2008, 45(5): 915-924.
- [17] 姬强, 孙汉印, TARAQQI A K, 等. 不同耕作措施对冬小麦—夏玉米复种连作系统土壤有机碳和水分利用效率的影响[J]. 应用生态学报, 2014, 25(4): 1029-1035.
- [18] 李亚宁, 王珍, 解玲玲, 等. 旱地玉米冬小麦大豆轮作秸秆带状覆盖栽培技术[J]. 甘肃农业科技, 2021, 52(3): 70-74.
- [19] 张素梅. 秸秆腐熟还田对中低产田土壤及玉米生长发育的影响[J]. 甘肃农业科技, 2017(3): 29-37.

(本文责编: 陈伟)