

# 玉米秸秆还田保护性耕作对产量及土壤理化性状影响的灰色关联分析

赵凡<sup>1</sup>,何秀云<sup>1</sup>,沈玉梅<sup>1</sup>,牛建彪<sup>1</sup>,李建平<sup>2</sup>,李胜克<sup>1</sup>,张继祖<sup>1</sup>

(1.甘肃省榆中县农业技术推广中心,甘肃榆中730100;2.榆中县农业机械管理站,甘肃榆中730100)

**摘要:**通过在甘肃中部干旱区设置的农艺农机结合持续秸秆还田保护性耕作试验,研究了玉米增产量(率)与年限的关系及与土壤理化性状的灰色关联度,并对与有机质关联度高且相关关系显著的肥力因子进行了回归分析。结果表明:秸秆还田保护性耕作2~6 a的增产率为2.63%~6.08%。土壤理化性状与增产量的灰色关联序为有机质(0.7456)>全氮(0.706)>速效钾(0.6495)>碱解氮(0.5977)>速效磷(0.5712)>pH值(0.5134)。土壤有机质含量随覆盖年限的延长呈三次曲线的递增趋势,年均增加3.894%。有机质与速效钾、速效磷、有效锌、有效铜灰色关联度高且存在呈显著正相关关系的函数方程,反映出土壤有机质与它们的关系密切且稳定,秸秆还田保护性耕作在归还土壤有机质的同时,也有利于提高其含量。

**关键词:** 秸秆还田;保护性耕作;土壤理化性状;有机质;灰色关联分析

**中图分类号:** S513.048 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2011)04-0208-06

保护性耕作是对农田实行免耕、少耕、作物秸秆覆盖地表,减少土壤风蚀、水蚀,提高土壤肥力和抗旱能力的一项农业耕作技术。国外几十年实践证明保护性耕作具有防治沙尘暴和促进农业可持续发展的双重作用,作为当代旱作农业的一个组成部分,是当今世界上应用最广、效益最好的一项旱地农业先进耕作技术,现已成为今后我国旱区农业的发展方向。传统农业的耕作方式以铧式犁的过度翻耕为主,由于作物秸秆几乎都被移出耕地,致使土壤暴露,风蚀剧烈,有机质和水分损失严重,加剧了土壤贫瘠和生态环境的恶化,这造成农田土壤物质与能量的收支失衡,土壤肥力日趋下降,土地得不到休养生息,农业生态系统恶化,严重制约了我国粮食产量的进一步提高,为了保护生态环境,改变旱区面貌,需要大力发展能保护农田,提高土壤肥力和抗旱能力,减少农田扬沙,减少土壤侵蚀的保护性耕作技术<sup>[1,2]</sup>。

近年来,由于大部分农村劳动力外出务工等原因致使农户饲养的耕畜急剧减少,代之以一些轻型以及驱动型耕作播种机具,作物秸秆过腹还田数量明显下降,土壤有机质得不到补偿。而这些机具和机械化秸秆粉碎还田技术的出现,为探索农艺农机结合,秸秆直接还田的保护性耕作技术模式奠定了

基础。从2003年开始我们就以提高培肥土壤肥力和增加粮食产量为目的,应用机械化秸秆粉碎还田机械和免耕播种机具,在榆中县清水驿乡清水村进行了行“三年秸秆直接还田免耕播种玉米间种一年小麦的复合保护性耕作栽培技术模式”的试验研究。本文就该模式对玉米产量和土壤理化性状的影响及年际变化趋势进行了相关及灰色关联分析和回归曲线拟合分析,为进一步发展与完善保护性耕作栽培技术模式,推广应用该技术提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验概况

试验设在甘肃中部干旱区榆中县清水驿乡清水村,该村(104.14°E,35.52°N)海拔1780 m,全年日照时数2666 h,平均无霜期为142 d。 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温3318 $^{\circ}\text{C}$ , $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温为2658.5 $^{\circ}\text{C}$ 。年平均气温6.7 $^{\circ}\text{C}$ ,年降雨量390 mm,年蒸发量为1330 mm。试验区农田土壤为黑垆土类川台麻土,土层深厚,质地均匀,贮水性能良好,地势平坦,利于机械化耕作。玉米和春小麦为当地主栽作物。玉米品种为沈单16号。春小麦品种为临麦31号,玉米播种期在4月中旬,收获期在9月中下旬,播种密度为48000株/hm<sup>2</sup>。其余田间管理水平与当地大田一致。

收稿日期:2010-08-20

基金项目:甘肃省农机化科技推广项目(T2009-1)

作者简介:赵凡(1963—),男,甘肃榆中县人,高级农艺师,从事土壤肥料和旱作农业研究及推广工作。E-mail:bmszhaofan@163.com。

通讯作者:牛建彪,男,甘肃榆中县人,高级农艺师,从事土壤肥料科研推广工作。

## 1.2 试验方法

试验于2003年4月~2009年10月进行。试验采取玉米、小麦双序列轮作,共设两种处理。处理A,免耕+秸秆覆盖还田,当年玉米收获果穗后将留在试验地的秸秆用4J-150型秸秆粉碎还田机碾倒的同时粉碎成5cm左右长的小段均匀覆盖在原地。第2年播前先用1G-180型旋耕机旋耕表层5~10cm以整平地表,使部分秸秆与耕层土壤混合,利于2BYF-3型玉米免耕播种机播种和秸秆腐熟。栽培3a玉米后第4年换茬种植小麦,小麦机收后秸秆全部粉碎覆盖还田,在第5年玉米播前旋耕耕层5~10cm(当年玉米产量对应覆盖还田年限为4a,第6年玉米产量对应覆盖还田年限为5a,以此类推)。第6年仍按免耕+玉米秸秆粉碎覆盖还田种植玉米。处理B,传统耕作不覆盖作物秸秆。即试验地前茬收获后三耕两耧。9月中下旬收获后马上进行第1次耕作,9月底和10月份进行第2、3次耕作。10月份冻结前再耧1次。两种处理种植作物及其余田间管理措施完全一致。试验于2003年开始,前茬作物为小麦。于4月20日播前用粉碎好的玉米秸秆覆盖试验处理区,后再用旋耕机旋耕耕层5~10cm,秸秆用量6400kg/hm<sup>2</sup>。以后每年以当年试验地全部秸秆量粉碎还田。对两种处理1、2、3、4、5、6a的处理区分别测定0~10、10~20cm土层土壤容重。并取0~20cm耕层土壤样品带回室内风干、磨碎、过筛备用。

## 1.3 土壤容重测定与样品分析

土壤容重采用环刀法。土壤pH用HI221酸度仪测定。土壤有机质采用油浴加热重铬酸钾氧化容量法。全氮采用开氏消煮蒸馏法。土壤碱解氮采用碱解扩散法。土壤有效磷采用碳酸氢钠浸提-钼锑抗比色法。土壤速效钾采用乙酸铵浸提-火焰光度法。微量元素采用TAS-986S原子吸收分光光度计测定<sup>[3]</sup>。

## 1.4 分析方法

本研究应用相关回归分析及灰色关联度原理与方法对试验测定数据进行分析。相关分析以静态研究为主,灰色关联分析以动态过程为主。

1.4.1 灰色关联度原理与方法<sup>[4,5]</sup> 影响作物产量及土壤肥力因子的因素多且复杂,把所有测定因子看作一个灰色系统,是一个较典型的并且灰度很高的灰色系统。灰色关联分析方法,是根据因素之

间发展趋势的相似或相异程度,亦即“灰色关联度”,作为衡量因素间关联程度的一种方法。因此,灰色关联度分析对于一个系统发展变化态势提供了量化的度量,非常适合动态历程分析。本文分别以有机质与容重、pH值、全氮、全磷、全钾、碱解氮、速效磷、速效钾、有效铜、有效锰、有效铁、有效锌作为一个系统,以A处理玉米相对增产量和增产率与有机质、pH值、全氮、碱解氮、有效磷、有效钾作为一个系统来进行相关与灰色关联分析。

1.4.2 数据变换 设有 $m$ 个子序列和一个母序列,分别表述为: $\{X_1^{(0)}(t)\}$ 、 $\{X_2^{(0)}(t)\}$ 、 $\dots$ 、 $\{X_m^{(0)}(t)\}$ 和 $\{X_0^{(0)}(t)\}$ ,其中 $t=1,2,\dots,N$ 为序列的长度即数据个数, $X$ 的上标(0)表示子序列和母序列均为未经任何处理的原始数据。由于子序列和母序列通常为不同种类的数据,因此必须消除量纲后才能计算分析。本文原始数据变换采用标准化变换法。

1.4.3 计算关联度 经数据变换的母序列记为 $\{X_0^{(0)}(t)\}$ ,子序列记为 $\{X_i^{(0)}(t)\}$ 。在时刻 $t=k$ 时母序列 $\{X_0^{(0)}(t)\}$ 与子序列 $\{X_i^{(0)}(t)\}$ 的关联系数可由下式计算:

$$r(x_0(k), x_i(k)) = \frac{\min_i \min_k |x_0(k) - x_i(k)| + \xi \times \max_i \max_k |x_0(k) - x_i(k)|}{|x_0(k) - x_i(k)| + \xi \times \max_i \max_k |x_0(k) - x_i(k)|}$$

记 $r(x_0(k), x_i(k))$ 为 $r_{0i}(k)$ ,  $r(X_0, X_i) = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n r(x_0(k), x_i(k)) = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n r_{0i}(k)$ 满足灰色关联公理,其中 $\xi$ 称为分辨系数,其意义是削弱因最大绝对差数值太大引起的失真,提高关联系数之间的差异显著性,在本文计算中取0.5。 $r(X_0, X_i)$ 称为 $X_0, X_i$ 的灰色关联度,记为 $r_{0i}$ 。

## 2 结果与分析

### 2.1 秸秆还田保护性耕作的产量效应

2.1.1 增产率与年限的回归分析 由于本试验持续7a(其中第4年为换茬种植小麦,不计入玉米产量分析,故玉米产量对应秸秆还田年限为6a),年际之间环境条件有差异,但同年的两种处理处在相同的条件下,用两者的产量差值即增产量和增产率进行年际间变化分析,可消除年际气候差异。故以增产量和增产率衡量不同保护性耕作秸秆还田年限的增产效应更为合适。

表 1 不同保护性耕作年限玉米农艺性状及产量表现

Table 1 Effect of different years of conservation tillage on agronomic characters and yield components of maize

年限 Year (a)	株高 (cm) Plant height		穗长 (cm) Spike length		穗粒数 (粒) Grain number per spike		百粒重 (g) 100-grain weight		产量 (kg/hm <sup>2</sup> ) Yield		增产 Yield increase	
	处理 A Treat- ment A	处理 B Treat- ment B	处理 A Treat- ment A	处理 B Treat- ment B	处理 A Treat- ment A	处理 B Treat- ment B	处理 A Treat- ment A	处理 B Treat- ment B	处理 A Treat- ment A	处理 B Treat- ment B	A-B (kg/hm <sup>2</sup> )	(%)
1	242.7	228.0	16.50	16.6	561.2	575.6	30.04	28.86	6846.60	6994.2	-147.60	-2.11
2	263.2	262.0	20.50	19.2	616.1	610.8	36.68	35.33	9459.00	9121.5	337.50	3.70
3	230.4	228.3	23.20	21.8	639.6	629.2	35.78	34.43	8244.00	8032.5	211.50	2.63
4	230.0	228.0	21.00	19.6	555.6	542.8	31.99	30.54	8795.25	8313.0	482.25	5.80
5	230.0	228.0	23.35	22.8	620.5	608.4	29.65	29.60	9147.00	8628.0	519.00	6.02
6	229.5	229.0	23.30	22.6	578.6	597.0	30.64	29.93	8374.50	7894.5	480.00	6.08

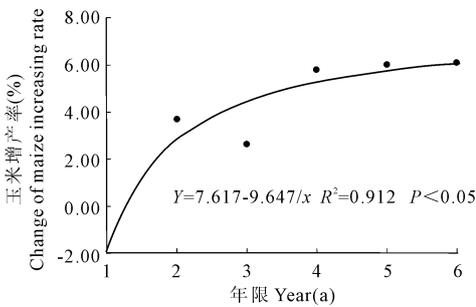


图 1 不同保护性耕作年限增产率变化

Fig.1 Change of yield increasing rate in different years of conservation tillage

从表 1 看, A 处理的产量与 B 处理相比, 除 1 a 的产量降低了 2.11%, 2~6 a 的相对增产率为 2.63%~6.08%。增产幅度随年限的增加而有提高的趋势。最高增产 519 kg/hm<sup>2</sup>。图 1 是秸秆还田保护性耕作不同年限与相对增产率之间的变化趋势, 从试验结果看, 随着年限的增加, 相对增产率呈倒数

曲线的递增趋势, 拟合的回归方程为  $y=7.617-9.647/x$ ,  $R^2=0.912$ ,  $P<0.05$ 。这说明随着秸秆还田保护性耕作年限的增加, 玉米增产率在 2 a 以上的处理均为正值且有提高的趋势。此外, 第 4 年换茬种植小麦 (临麦 31 号) 的产量为 6 382.5 kg/hm<sup>2</sup>, 对照产量为 6 093 kg/hm<sup>2</sup>, 相比增产 289.5 kg/hm<sup>2</sup>, 增产率为 4.8%。表明秸秆还田保护性耕作模式可以稳定提高作物产量。对培肥地力和保持玉米产量的增长都具有重要意义。

2.1.2 增产量与土壤理化性质的灰色关联分析  
不同保护性耕作年限耕层土壤养分含量及增产量见表 2。把土壤养分和增产量作为一个灰色系统进行分析, 按灰色关联度大小排序, 可以知道各肥力因子对提高玉米产量的作用和地位。从表 3 分析结果看, 有机质关联度最高, 其次为全氮、速效钾。这说明有机质与增产量的动态变化趋势一致性最高, 对产量的影响也最大, 是土壤养分中影响产量较关键的因子。

表 2 不同保护性耕作年限耕层土壤养分含量及增产量结果

Table 2 Content of soil nutrients and yield increase in different years of conservation tillage

年限 (a) Year	pH 值 pH value	有机质 (g/kg) Organic matter	全氮 (g/kg) Total N	碱解氮 (mg/kg) Available N	速效磷 (mg/kg) Available P	速效钾 (mg/kg) Available K	增产量 (kg/hm <sup>2</sup> ) Yield increase
0	8.400	16.700	0.371	56.74	37.61	194.695	0
1	8.210	16.100	0.920	57.28	19.00	11.000	-147.6
2	8.210	16.800	1.100	93.56	51.00	672.500	337.5
3	8.296	17.365	0.703	33.08	20.63	206.863	211.5
4	8.145	19.613	1.049	38.15	7.43	217.003	482.3
5	7.988	18.503	0.905	96.43	33.58	246.410	519.0
6	8.154	20.602	1.086	70.84	29.12	246.613	480.0

表 3 增产量与土壤养分的灰色关联度结果

Table 3 Degree of correlation between yield increase and soil nutrients

项目 Item	土壤养分因子 Soil nutrients					
	有机质 Organic matter	全氮 Total N	速效钾 Available K	碱解氮 Available N	速效磷 Available P	pH 值 pH value
关联度 Degree of correlation	0.7456	0.706	0.6495	0.5977	0.5712	0.5134

2.2 秸秆还田保护性耕作对土壤理化性质的影响

2.2.1 土壤理化性质的相关分析 对所有处理样点的土壤肥力因子测定结果进行相关分析,可以看出各肥力因子之间的密切程度和影响方向,并对有显著相关关系的肥力因子进行进一步研究。由表 4 可以看出,13 个土壤养分因子之间相关关系达到显著水平(通过 0.05 信度检验)的有 8 对,达到极显著水平(通过 0.01 信度检验)有 9 对。容重仅与有效铁之间有极显著负相关关系,即土壤容重降低有效铁含量增高。有机质与速效磷、速效钾、有效铜、有效锌之间有极显著正相关关系。说明 4 种养分因子

与有机质有同步增减的趋势。秸秆还田保护性耕作在提高土壤有机质含量的同时土壤速效磷、速效钾、有效铜、有效锌也有增加的趋势。微量元素中有效锌与速效磷、速效钾、有效铜、有效锰有显著或极显著正相关关系。全磷与各养分因子之间相关均未达到显著水平。由表 2 可知试验地为偏碱性土壤(pH > 7),pH 除与全钾、有效铁呈显著正相关外,与有效锰呈显著负相关,而与其他养分因子的相关虽未达到显著水平,但均呈负相关(表 4)。这说明对于偏碱性的土壤,降低 pH 值有利于这些肥力因子的提高。

表 4 各土壤养分因子之间的相关系数  
Table 4 Correlation coefficient between soil nutrients

项目 Item	容重 Bulk density	pH 值 pH value	有机质 Organic matter	全氮 Total N	全磷 Total P	全钾 Total K	碱解氮 Avail. N	速效磷 Avail. P	速效钾 Avail. K	有效铜 Avail. Cu	有效锰 Avail. Mn	有效铁 Avail. Fe	有效锌 Avail. Zn
容重 Bulk density													
pH 值 pH value	-0.273												
有机质 Organic matter	-0.067	-0.258											
全氮 Total N	0.195	-0.344	0.351										
全磷 Total P	0.129	-0.08	-0.066	0.145									
全钾 Total K	-0.101	0.487 *	-0.328	-0.385	0.108								
碱解氮 Avail. N	0.224	-0.292	0.018	0.061	0.246	-0.062							
速效磷 Avail. P	-0.214	-0.185	0.553 **	0.353	0.238	-0.077	0.333						
速效钾 Avail. K	-0.046	-0.12	0.741 **	0.426 *	0.134	-0.055	0.108	0.783 **					
有效铜 Avail. Cu	0.352	-0.268	0.564 **	0.527 **	0.034	-0.462 *	-0.052	0.13	0.377				
有效锰 Avail. Mn	0.236	-0.510 *	0.265	0.339	0.168	-0.511 *	0.596 **	0.333	0.179	0.407 *			
有效铁 Avail. Fe	-0.553 **	0.432 *	0.124	-0.183	0.171	0.351	-0.256	0.443 *	0.361	-0.199	-0.378		
有效锌 Avail. Zn	-0.062	-0.37	0.780 **	0.268	0.027	-0.369	0.266	0.651 **	0.709 **	0.488 *	0.643 **	0.086	1

注: \* 表示通过 0.05 信度检验, \*\* 表示通过 0.01 信度检验。

Note: \* means correlation is significant at the 0.05 level; \*\* means correlation is significant at the 0.01 level.

2.2.2 土壤有机质与秸秆还田保护性耕作年限的关系 不同保护性耕作年限土壤有机质的变化见图 2,从试验结果看,保护性耕作措施下土壤有机质含量表现出随覆盖年限的延长而提高,且呈三次曲线的递增趋势,拟合的回归方程为:  $Y = 16.568 - 0.598x + 0.421x^2 - 0.037x^3$ ,  $R^2 = 0.857$ ,  $P < 0.05$ 。玉米秸秆还田 2 a 后,土壤有机质含量增加 0.1 g/kg,增加了 0.599%,玉米秸秆还田 6 a 后,土壤有机质增加 3.902 g/kg,增幅 23.365%,年均增加 3.894%,增幅明显。说明在玉米秸秆还田保护性耕作条件下,持续还田覆盖的秸秆为土壤有机质增加提供了源,随着年限的延长,秸秆在雨水和土壤微生物的作用下腐解并进入土壤,促进了有机质的转化和形成<sup>[6]</sup>。表明持续秸秆还田保护性耕作能明显提高土壤有机质含量,又有有机质与增产量的灰色关

联度最高(表 3),故对改善土壤基础肥力状况意义重大。

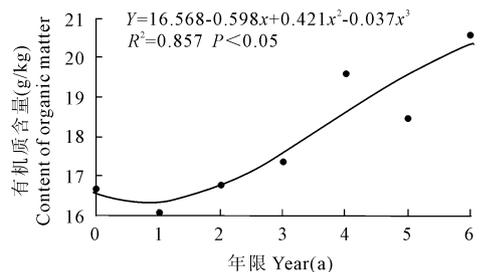


图 2 不同保护性耕作年限有机质的变化  
Fig.2 Change of content of organic matter in different years of conservation tillage

2.2.3 有机质与各养分因子的灰色关联度分析 土壤有机质(SOM)是土壤的重要组成部分,是植物必需营养元素的主要来源和土壤肥力的重要指标

(表 2),也是土壤肥力的稳定指标<sup>[7]</sup>。作为土壤养分的存储库,其对土壤的理化生物性质以及各个肥力因素,都有全面深刻的影响,且又与增产量灰色关联度最高(表 3)。秸秆还田保护性耕作在增加土壤有机质的同时也对其他肥力因子产生影响,而这个影响是动态的。有机质的变化对土壤养分因子的影

响程度大小可通过灰色关联度分析来判定。以 11 种土壤养分因子为子序列,有机质为母序列进行灰色关联度计算,根据两序列变化的相似程度判断这些养分因子与有机质的密切程度,从中可以看出秸秆还田处理有机质影响有效态养分含量的程度。关联度大小见表 5。

表 5 各养分因子与有机质的灰色关联序

Table 5 Order of degree of grey correlation between each nutrient factor and organic matter

肥力因子 Nutrient factor	速效钾 Available K	有效锌 Available Zn	有效铜 Available Cu	全氮 Total N	有效锰 Available Mn	速效磷 Available P	全磷 Total P	碱解氮 Available N	有效铁 Available Fe	pH 值 pH value	全钾 Total K
关联序 Order of correlation	0.8435	0.8245	0.8173	0.7753	0.7713	0.7705	0.7469	0.7421	0.7344	0.7161	0.7058

从表 5 可知,11 个肥力因子与有机质关联度以速效钾、有效锌、有效铜为最高,全钾最低。且 3 个因子和速效磷均与有机质呈正相关关系(表 4),这说明秸秆还田保护性耕作模式在有机质归还土壤的同时土壤速效钾、有效锌、有效铜、速效磷同步得以提高。

2.2.4 有机质与各养分因子的回归分析 以(表 5)土壤有机质(X)与其他养分因子(Y)两者关联度最高和相关系数(表 4)达显著水平者建立相应函数类型回归方程(图 3),从中可以看出秸秆还田保护性耕作模式下有机质影响其他几种有效态养分含量的程度和趋势。

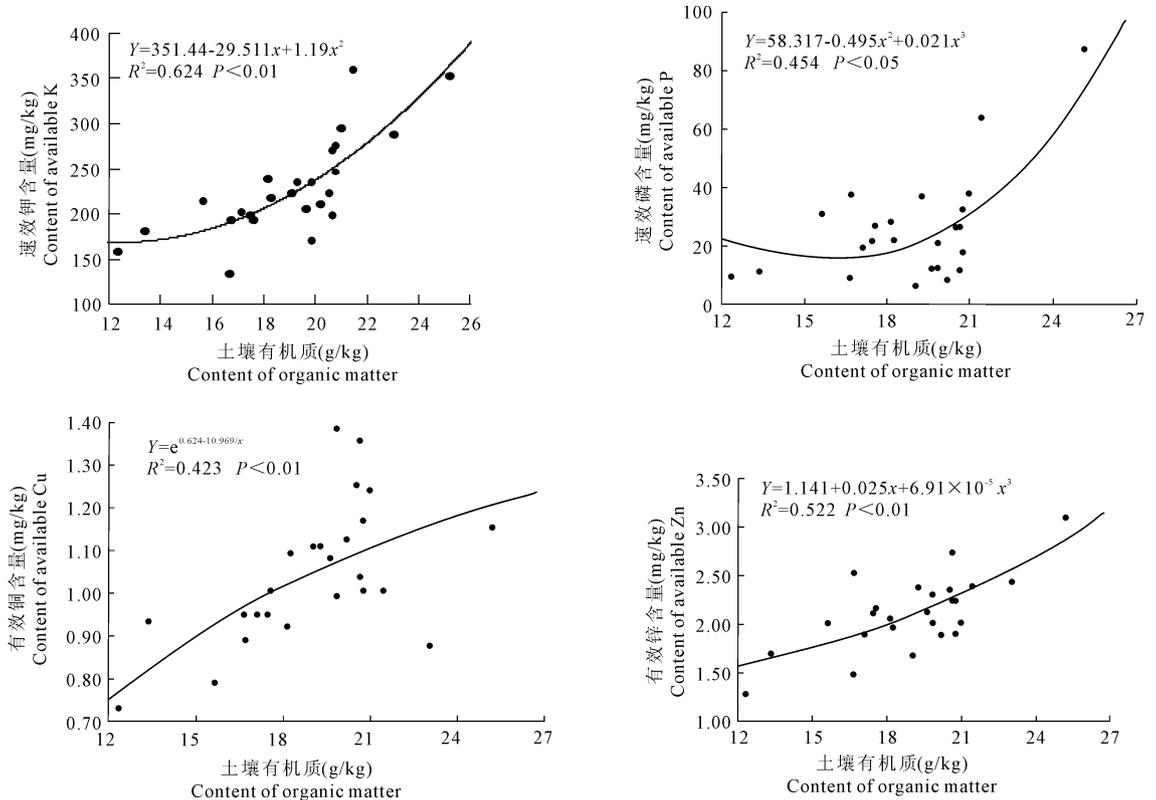


图 3 有机质与有效养分的回归分析

Fig. 3 Regression analysis of correlation between content of organic matter and effective nutrients

本试验研究结果表明,有机质与速效钾、速效磷、有效锌、有效铜均存在正显著水平相关关系的函数方程,反映出土壤有机质与它们的关系密切且稳定。有机质含量的增加,有利于提高速效钾、速效

磷、有效锌、有效铜的含量<sup>[8]</sup>。有机质对速效钾的影响尤其明显,当有机质从 16.7 g/kg 提高到 20.6 g/kg,增幅 23.365%,速效钾从 194.695 mg/kg 增加到 246.613 mg/kg,增加了 51.918 mg/kg,增幅

26.7%,促进作用明显。这与玉米秸秆含有的大量钾素和一定的锌、铜、锰元素,通过秸秆还田归还土壤有关,这也与土壤锌的有效性随土壤有机质含量的增加而提高的结论一致<sup>[9]</sup>。速效磷与有机质呈正相关关系,变化的关联度高的原因可能是A处理玉米秸秆和根茬随还田措施归还于土壤,而传统耕作对照处理在玉米收获后几乎将所有秸秆和根茬移出土壤,由于磷肥一般施在根际附近,这样就使一部分有效磷随玉米秸秆和根茬的移出而流失。另外土壤有机质含量增加,不仅能增加有机磷,而且能减少磷的固定,提高土壤磷的有效性<sup>[9]</sup>。微量元素中有效态铜与有机质关联度高,呈正相关。有效锰与有机质的关联度位于第5位,且有效锰与有效锌之间呈极显著正相关。有效锰与有效锌有同步变化的趋势。

### 3 结论与讨论

秸秆粉碎还田及玉米免耕播种新模式比传统耕作模式栽培的玉米增产2.63%~6.08%。从拟合的增产率回归方程 $y=7.617-9.647/x$ 来看,随着年限 $x$ 的增加,增产率随之提高,即秸秆还田保护性耕作模式可以稳定地提高作物增产率。从改善土壤肥力考虑,采用玉米秸秆还田保护性耕作模式耕层的容重比传统耕作处理略有减小,但不明显。但耕层中的浅层与深层的差异极显著。耕层土壤有机质年均增加3.894%,并且随年限的增加,有机质含量有不断上升趋势。随着土壤有机质的增加,速效钾、速效磷、有效锌、有效铜、有效锰的含量也同步明显提高。表明该模式可以显著改善土壤理化性质,培肥作用明显。这对缺锌、锰、铜敏感,需钾量大的玉米作物而言,既是丰收的保证,也是提高作物抗旱性的重要因素。

从养分循环角度分析,土壤钾主要通过秸秆输出,但秸秆作为有效资源,可以经过还田循环利用。因此,在黄土高原雨养农作系统中,配施氮、

磷肥的同时,尽可能将秸秆归还农田,对促进和维持土壤养分平衡,提高土壤肥力质量具有重要意义<sup>[10]</sup>。

近年来,由于农户饲养的耕畜减少,代之以一些轻型以及驱动型耕作播种机具,作物秸秆过腹还田数量下降,有机肥施用量减少,土壤肥力水平下降,而应用轻型以及驱动型免耕播种机具,通过农艺农机结合的田间保护性耕作技术模式的大面积示范推广,既可以补充土壤有机质、氮、磷、钾、微量元素,减少土壤营养物质损失,培肥和提高土壤肥力,稳定增加产量,又能降低生产成本,抑制耕地退化,减少侵蚀。通过7a试验证明,玉米免耕秸秆还田保护性耕作技术模式是一项值得推广应用的生态环保耕作技术。至于更长期的效应,有待进一步研究。

### 参考文献:

- [1] 张燕卿,张玉龙.旱区保护性耕作技术研究进展与应用前景[J].干旱地区农业研究,2009,27(1):119—121.
- [2] 高焕文,李洪文,李问盈.保护性耕作的发展[J].农业机械学报,2008,(9):43—48.
- [3] 鲍士旦.土壤农化分析[M].北京:中国农业出版社,2000.
- [4] 唐启义,冯明光.实用统计分析及其DPS数据处理系统[M].北京:科学出版社,2002.
- [5] 陈士宾.农业系统工程[M].兰州:甘肃民族出版社,1990:324—349.
- [6] 张雯,赵洪亮,丛巍巍,等.东北冷凉风沙区不同保护性耕作措施对玉米耕层土壤肥力水平的影响[J].沈阳农业大学学报,1990,40(6):658—662.
- [7] 徐玲,张杨珠,曾希柏,等.不同施肥结构对稻田土壤肥力质量的影响[J].湖南农业大学学报(自然科学版),2006,32(4):362—367.
- [8] 李明德,刘琼峰,吴海勇.不同耕作方式对红壤旱地土壤理化性状及玉米产量的影响[J].生态环境学报,2009,18(4):1522—1526.
- [9] 李建军.测土配方施肥技术规范[M].北京:科技文化出版社,2006:507—516.
- [10] 罗珠珠,黄高宝,张仁陟.长期保护性耕作对黄土高原旱地土壤肥力质量的影响[J].中国生态农业学报,2010,18(3):458—464.

(英文摘要下转第218页)

## Study on cotton yield and components in apricot-cotton intercropping system

WEI Hong-guo<sup>1</sup>, WANG Fei<sup>1</sup>, ZHANG Ju-song<sup>1</sup>, WANG Jun<sup>1</sup>,  
CAO Gong-ti<sup>2</sup>, JING Bi<sup>1</sup>, YU Yong-jiang<sup>1</sup>

(1. *Research Center of Cotton Engineering, Ministry of Education, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China;*

2. *Center of Agricultural Technique Extension of Puhu County, Kashi, Kashi, Xinjiang 844000, China*)

**Abstract:** Under the natural environment in south Xinjiang, we studied the effect of apricot-cotton intercropping on cotton yield and yield components, aimed at providing the theoretical basis for efficient cultivation technology of cotton in the apricot-cotton intercropping system. The results showed: The LAI of intercropped cotton was lower than that of sole cotton through the whole growth stage, and the peak of LAI appeared earlier and LAI of intercropped cotton decreased slowly at the later stage, and was lower than that of sole cotton by 15.9%; There was a close relation between leaf *Pn* and its SPAD value, before peak flowering, both the leaf *Pn* of intercropped cotton and sole cotton increased fast and so was the leaf SPAD value, but both of which were lower than that of sole cotton; The fast accumulating period of dry matter above ground of intercropped cotton was shorter than that of the sole cotton by 10.7 days, and the max dry matter accumulation time of intercropped cotton appeared earlier than that of sole cotton by 4.7 days, and the max dry matter accumulation amount was less than that of the sole cotton by 0.42 g per plant; The ratio of the three kinds of bolls of intercropped cotton was 0.14:1:0.14, and the lint yield was 1 395.3 kg/hm<sup>2</sup> lower than that of the sole cotton by 41.2%; The economic income of intercropped cotton is higher than that of the sole cotton by 37.8%.

**Keywords:** apricot-cotton intercropping; cotton; dry matter; yield

(上接第 213 页)

## Analysis of grey correlation between conservation tillage modes and corn yield and soil physiochemical properties

ZHAO Fan<sup>1</sup>, HE Xiu-yun<sup>1</sup>, SHEN Yu-mei<sup>1</sup>, NIU Jian-biao<sup>1</sup>, LI Jian-ping<sup>2</sup>, LI Sheng-ke<sup>1</sup>, ZHANG Ji-zu<sup>1</sup>

(1. *Agricultural Extension Center of Yuzhong County, Yuzhong, Gansu 730100, China;*

2. *Fam Machinery Administration Station of Yuzhong County, Yuzhong, Gansu 730100, China*)

**Abstract:** Through continuous experiments of conservation tillage of returning corn stalk to field in arid areas of central Gansu, study was conducted on gray relativity between corn yield and the lasting years of the tillage and soil physiochemical properties, and regression analysis was also made of fertility factors which had high degree of correlation with soil organic matter. The results showed that 2~6 year conservation tillage could increase corn yield by 2.63%~6.08%. The order of degree of correlation between soil physiochemical properties and yield increase is organic matter (0.7456) > total N (0.706) > available K (0.6495) > available N (0.5977) > available P (0.5712) > pH (0.5134). The content of soil organic matter tended to increase with the elongation of tillage years, with an annual increase of 3.894%. The content of organic matter had high degree of grey correlation and positive relation with available K, available P, available Zn and available Cu. Returning corn stalk to field, the conservation tillage helped increase the content of organic matter in soil, which had significant effect on improving soil fertility and maintaining high and stable yield of crops.

**Keywords:** returning stalk to field; conservation tillage; soil physiochemical properties; organic matter; analysis of grey correlation