

青海省耕层土壤养分含量相关性分析研究

武治华¹, 牛继平^{2*} (1. 西藏昌都市农业技术推广总站, 西藏昌都 854000; 2. 西藏昌都市农牧局, 西藏昌都 854000)

摘要 [目的]研究青海省贵德县耕层土壤的养分状况。[方法]以青海省贵德县耕层土壤(0~20 cm)为研究对象,采用土壤农化常规方法,测定了土壤有机质、全氮、全磷、碱解氮、有效磷、速效钾、缓效钾等养分,分析了养分之间的相关性,耕层土壤养分相互关系的变化及变化的原因。[结果]土壤有机质与全氮呈极显著正相关;土壤有机质与碱解氮呈极显著相关;全氮与碱解氮呈极显著相关;贵德县常牧镇、尕让乡的 $N/P_2O_5 \geq 4$ 的样本数分别为 71、53, 占总样本数的 57.26%、54.08%;河西镇、拉瓦西镇的 $N/P_2O_5 \geq 4$ 的样本数相对较多,分别占总样本数的 37.58%、48.00%,在这些乡镇应注意磷肥的施用,使氮磷平衡,发挥氮磷肥的协调作用。[结论]该研究可为贵德县农业可持续发展提供参考。

关键词 有机质;耕层土壤;土壤养分;相关性
中图分类号 S158.3 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2017)23-0101-05

Correlation Analysis of Top Layer Soil Nutrient Content in Qinghai Province

WU Zhi-hua¹, NIU Ji-ping^{2*} (1. Changdu Agro-technology Extension Station, Changdu, Tibet 854000; 2. Changdu City Agriculture and Animal Husbandry Bureau, Changdu, Tibet 854000)

Abstract [Objective] To study top layer soil nutrient content in Guide County of Qinghai Province. [Method] Taking top layer soil (0–20 cm) in Guide County of Qinghai Province as the research object, using conventional method to determinate soil organic matter, total nitrogen, total phosphorus, available nitrogen, available phosphorus, available potassium, slowly available potassium and so on, analyzed the correlation among soil nutrients, nutrient relationship's change and change reason. [Result] Soil organic matter and total nitrogen had a significant positive correlation; Soil organic matter and nitrogen was significantly related; Total nitrogen and available nitrogen was significantly related; $N/P_2O_5 \geq 4$ of the samples number of Changmu Town, Garang Township of Guide County were 71, 53, the total sample size of 57.3%, 54.08%; $N/P_2O_5 \geq 4$ of samples number of Hexi Town, Lawaxi Town were opposite bigger, respectively 37.58%, 48.00% of the total sample, in these towns application of phosphorus fertilizer should be paid attention to make the nitrogen phosphorus balance, and play the coordination function of N, P. [Conclusion] The research can give reference for agricultural sustainable development

Key words Organic matter; Top layer soil; Soil nutrient; Correlation

土壤的本质属性是土壤具有肥力,土壤又是绿色生命的源泉,是人类生存最基本、最重要、最珍贵的自然资源;它维系着自然界的生态平衡,使万物充满生机;它关系到人类的生存和社会的发展^[1]。因此,土壤培肥和科学施肥,改善土壤物理化学性质,保持和提高土壤肥力,创造作物生长的最佳条件,切实维护养分平衡,对于合理规划和利用土地、促进农业生产的发展具有重要的意义。耕层土壤养分是植物生长需要的土壤营养元素,是维持植物生长的重要物质基础和生命元素,同时也是环境污染因子^[2]。当某一或多种养分含量低时,会抑制植物生长量、品质;而当含量过高时会造成环境污染。由于农作物的生长需要多种养分元素的充足、协调,因此有必要了解各组分之间的比例关系,以便全面地阐述土壤质量变化的特点^[3]。

目前,耕层土壤养分相互关系的研究较少,未能体现其动态变化特征,随着精确农业的快速发展,耕层土壤养分含量相关性分析研究更为人们所关注,目前大部分资料都侧重于统计学方法相关参数的获取与分析,有关土壤养分含量相关性及其影响土壤养分含量变化的影响因素分析较少。青海省贵德县土壤类型多样,施肥类型不尽相同,如绿肥、厩肥等有机肥虽含有多种养分元素,长期、大量使用对于土壤养分间的协调具有重要作用^[4]。但由于其肥效较缓,用工多,费时长,应用逐渐减少,代之以大量化肥施用,各种化肥的养分

元素少或单一,加上农民知识所限,施肥主要依靠经验,土壤养分间的不平衡、协调性低难以避免。采用 GPS 定位采样,用土壤农化常规分析方法分析土壤有机质、全氮、全磷、碱解氮、有效磷、速效钾、缓效钾等养分含量,分析其相关性,为贵德县农业的可持续发展奠定基础。

1 材料与方法

1.1 贵德县地理位置和行政区划 青海省贵德县地处 $100^{\circ}58'08'' \sim 101^{\circ}47'50''$ E、 $35^{\circ}29'45'' \sim 36^{\circ}23'35''$ N。东西宽 65 km,南北长 100 km,总面积 3 680.49 km²。处于黄河上游龙羊峡与李家峡之间。县城驻河阴镇,距省会西宁 114 km,海南州府恰不恰镇 158 km。贵德县辖 4 个镇、2 个乡、1 个民族乡,即河阴镇、河西镇、拉西瓦镇、常牧镇、河东乡、新街回族乡和尕让乡;119 个村民委员会。在全国农业区划中属于东部黄土高原农林牧副区——黄河上游粮油畜禽、水源水保林区,是青海省重要的粮食生产基地县之一。贵德县在黄河上游建制最早,历史悠久;境内山清水秀,自然环境优美,素有“小江南”之称。

1.2 样品采集及测试方法

1.2.1 样品采集。按照农业部测土配方施肥规范的要求采样,采样时间为农作物播种前或收获后,采用 GPS 定位采样;采样深度为 0~20 cm。每个样品的采样点不少于 10 点,采样时按照“随机”“等量”和“多点混合”的原则进行。然后将取回的土样风干后按测试方法的要求进行进一步的处理,过筛,保存。

1.2.2 测定项目及方法。土壤养分化验方法均采用中国土壤学会农业化学专业委员会编著的《土壤农业化学常规分析

作者简介 武治华(1988—),女,内蒙古乌兰察布人,助理农艺师,从事农业技术推广工作。* 通讯作者,农艺师,硕士,从事农业技术推广工作。
收稿日期 2017-06-12

方法》^[5]。具体测定项目及方法如下:土壤有机质采用重铬酸钾容量法-水合热法;全氮采用开氏定氮法;全磷采用高氯酸-硫酸消煮,钼蓝比色法;碱解氮采用碱解扩散法;有效磷采用碳酸氢钠浸提-钼蓝比色法;速效钾采用醋酸铵浸提-火焰光度法;缓效钾采用 1 mol/L 热硝酸浸提-火焰光度法。

1.2.3 数据处理方法。应用 Excel 对数据进行相关分析,相关系数达显著者建立其相应的函数回归方程。

2 结果与分析

2.1 贵德县耕层土壤养分含量统计分析 表 1 为贵德县第二次全国土壤普查的养分分级标准,表 2 为 2007—2011 年贵德县 675 个耕层土壤养分含量统计结果。由表 1、2 可见,贵德县耕层土壤有机质含量在 2.22~77.04 g/kg,平均含量为 20.24 g/kg,达到三级分级标准,处于高等水平,总体标准差 9.61 g/kg,总体变异系数为 47.5%,属于中等变异;全氮含量在 0.19~3.21 g/kg,平均含量为 1.44 g/kg,达到三级分级标准,处于中等水平,总体标准差 0.52 g/kg,总

体变异系数为 36.4%,属于中等变异;碱解氮含量在 22.00~468.00 mg/kg,平均含量为 108.69 mg/kg,达到三级分级标准,处于中等水平,总体标准差 48.29 mg/kg,总体变异系数为 44.4%,属于中等变异;有效磷含量在 2.00~246.00 mg/kg,平均含量为 51.03 mg/kg,达到一级分级标准,处于丰富水平,总体标准差 41.85 mg/kg,总体变异系数为 82.0%,属于较大变异;全磷含量在 0.213~4.683 g/kg,平均含量为 1.720 g/kg,达到三级分级标准,处于中等水平,总体标准差 0.520 g/kg,总体变异系数 30.2%,属于中等变异;速效钾含量在 31.00~1 870.00 mg/kg,平均含量为 260.95 mg/kg,达到一级分级标准,处于丰富水平,总体标准差 175.43 mg/kg,总体变异系数为 65.7%,属于较大变异;缓效钾含量在 64.00~3 208.00 mg/kg,平均含量为 1 013.31 mg/kg,标准差为 454.08 mg/kg,总体变异系数为 44.8%,属于中等变异。从总的分析结果可以看出,土壤有效磷与第二次全国土壤普查耕层土壤养分含量分级指标相比变化明显。

表 1 贵德县第二次全国土壤普查耕层土壤养分含量分级指标
Table 1 Classification index of top layer soil nutrient content in the 2nd national soil survey of Guide County

养分 Nutrient	有机质 Organic matter g/kg	全氮 Total nitrogen g/kg	碱解氮 Available nitrogen mg/kg	有效磷 Available phosphorus g/kg	全磷 Total phosphorus g/kg	速效钾 Available potassium mg/kg	评价
一级 First level	≥40.0	≥2.0	≥130	≥40.00	≥2.4	≥200.0	丰
二级 Second level	30.0~39.9	1.50~1.99	120~130	20.00~39.90	1.8~2.4	150.0~199.0	富
三级 Third level	20.0~29.9	1.00~1.49	90~120	10.00~19.90	1.2~1.8	100.0~149.0	高
四级 Fourth level	10.0~19.9	0.76~0.99	60~90	5.00~9.90	0.8~1.2	50.0~99.0	中
五级 Fifth level	6.0~9.9	0.50~0.75	30~60	3.00~4.99	0.4~0.8	30.0~49.9	低
六级 Sixth level	<6.0	<0.50	<30	<3.00	<0.4	<30.0	贫

表 2 2007—2011 年贵德县 675 个耕层土壤养分含量统计
Table 2 Statistics of 675 samples' top layer soil nutrient content during 2007—2011

项目 Item	有机质 Organic matter g/kg	全氮 Total nitrogen g/kg	碱解氮 Available nitrogen mg/kg	有效磷 Available phosphorus g/kg	全磷 Total phosphorus g/kg	速效钾 Available potassium mg/kg	缓效钾 Slowly available potassium mg/kg
样本数 Sample size	675	675	675	675	675	675	529
标准差 Standard deviation	9.61	0.52	48.29	41.85	0.520	175.43	454.08
最大值 Maximum	77.04	3.21	468.00	246.00	4.683	1 870.00	3 208.00
最小值 Minimum	2.22	0.19	22.00	2.00	0.213	31.00	64.00
平均值 Mean	20.24	1.44	108.69	51.03	1.720	260.95	1 013.31
变异系数 Variation coefficient//%	47.5	36.4	44.4	82.0	30.2	65.7	44.8

2.2 贵德县耕层土壤有机质与全氮相关性分析 土壤有机质是土壤的重要组成部分,对提高土壤保水保肥能力,改善土壤理化性状,调节土壤水、肥、气、热状况具有重要作用。有机质含量的高低是衡量土壤肥力水平的重要指标之一^[6]。土壤中的氮有 95% 是以有机状态存在。从耕层土样有机质与全氮测定结果来看,贵德县耕层土样 1 的土壤有机质含量(y)与土壤全氮含量(x)之间存在着极显著线性正相关, $y = 15.246x - 3.5134 (n = 499, R^2 = 0.732)$ 。贵德县耕层土样 2 的土壤有机质含量(y)与土壤全氮含量(x)之间存在着极显著线性正相关, $y = 16.434X + 3.4673 (n = 146, R^2 = 0.4724)$ 。贵德县耕层土样 3 的土壤有机质含量(y)与土壤

全氮含量(x)之间存在着显著线性正相关, $y = 4.1098x + 11.233 (n = 30, R^2 = 0.2752)$ 。协作项目土壤有机质含量(y)与土壤全氮含量(x)之间存在着极显著线性正相关, $y = 22.937x - 7.2417 (n = 318, R^2 = 0.9356)$ 。结果见图 1、2、3、4。

根据 4 组不同测定时期的土壤有机质测定值与相关方程预测值 <0.5 g/kg 样品个数统计结果显示,土样 1 中有 50 个土样符合平行样误差要求 <0.5 g/kg, 占总样本数的 10%;土样 2 中有 10 个土样符合平行样误差要求 <0.5 g/kg, 占总样本数的 7%;土样 3 中有 9 个土样符合平行样误差要求 <0.5 g/kg, 占总样本数的 30%;即使协作项目可决系数 $R^2 = 0.9356$, 用其相关方程预测的结果符合误

差要求的样本数为 19 个,占总样本数的 6%。

通过贵德县耕层土样 1 实际测定值与预测值之间所进行的 u 测验,得 $u = -1.45$, $|u|(1.45) < u_{0.05}(1.9600)$,实际值与预测值之间没有明显差异。贵德县耕层土样 2 实际测定值与预测值之间所进行的 u 测验,得 $u = -0.0002$, $|u|(0.0002) < u_{0.05}(1.9600)$,实际值与预测值之间没有明显差异。贵德县耕层土样 3 实际测定值与预测值之间所进行的 u 测验,得 $u = 0.0002$, $|u|(0.0002) < u_{0.05}(1.9600)$,实际值与预测值之间没有明显差异。协作项目实际测定值与预测值之间所进行的 u 测验,得 $u = 0.0004$, $|u|(0.0004) < u_{0.05}(1.9600)$,实际值与预测值之间没有明显差异。由此可见,用全氮预测有机质还有待进一步研究。

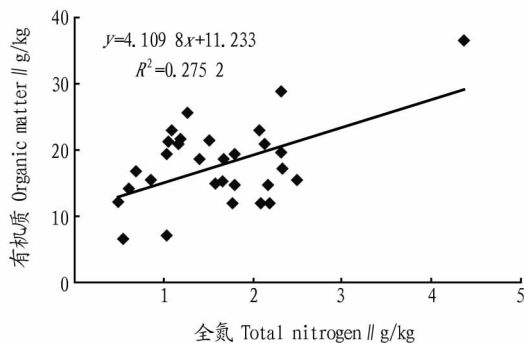


图 3 土样 3 有机质与全氮散点拟合结果

Fig. 3 Poincare plot of organic matter and total nitrogen for soil sample 3

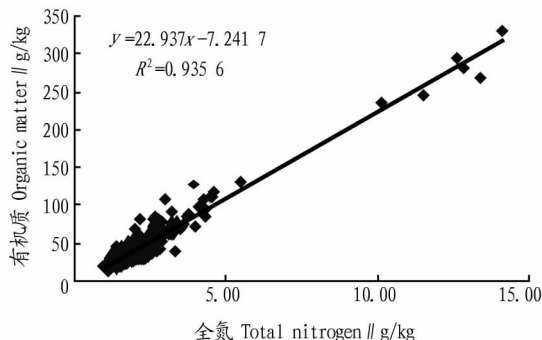


图 4 协作项目有机质与全氮散点拟合结果

Fig. 4 Poincare plot of organic matter and total nitrogen for collaborative project soil sample

~8。因此,要提高土壤氮素肥力水平,可以通过提高土壤有机质来提高氮素水平。

根据 4 组不同测定时期的土壤碱解氮测定值与相关方程预测值 $< 5 \text{ g/kg}$ 样品个数统计结果显示,土样 1 中有 60 个土样符合平行样误差要求 $< 5 \text{ g/kg}$,占总样本数的 12%;土样 2 中有 20 个土样符合平行误差要求 $< 5 \text{ g/kg}$,占总样本数的 14%;土样 3 中有 5 个土样符合平行误差要求 $< 5 \text{ g/kg}$,占总样本数的 17%;即使协作项目可决系数 $R^2 = 0.8790$,用其相关方程预测的结果符合误差要求的样本数为 6 个,占总样本数的 2%。

通过贵德县耕层土样 1 实际测定值与预测值之间所进行的 u 测验,得 $u = 0.272$, $|u|(0.272) < u_{0.05}(1.9600)$,实际值与预测值之间没有明显差异。贵德县耕层土样 2 实际测定值与预测值之间所进行的 u 测验,得 $u = -0.0002$, $|u|(0.0002) < u_{0.05}(1.9600)$,实际值与预测值之间没有明显差异。贵德县耕层土样 3 实际测定值与预测值之间所进行的 u 测验,得 $u = 0.0006$, $|u|(0.0006) < u_{0.05}(1.9600)$,实际值与预测值之间没有明显差异。协作项目实际测定值与预测值之间所进行的 u 测验,得 $u = 0.0003$, $|u|(0.0003) < u_{0.05}(1.9600)$,实际值与预测值之间没有明显差异。由此可见,用有机质预测碱解氮还有待进一步研究。

2.4 耕层土壤全氮与碱解氮相关性分析 从耕层土样全氮与碱解氮测定结果来看,贵德县耕层土样 1 的土壤全氮含量 (x) 与土壤碱解氮含量 (y) 之间存在着极显著线性正相关,

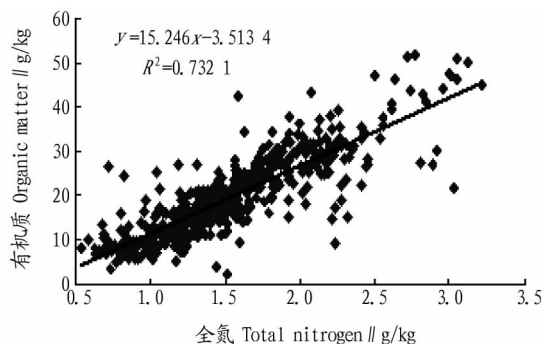


图 1 土样 1 有机质与全氮散点拟合

Fig. 1 Poincare plot of organic matter and total nitrogen for soil sample 1

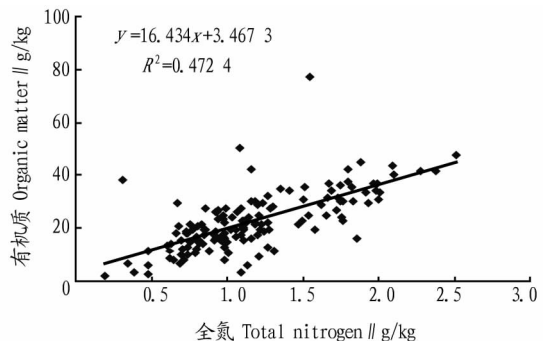


图 2 土样 2 有机质与全氮散点拟合结果

Fig. 2 Poincare plot of organic matter and total nitrogen for soil sample 2

2.3 耕层土壤有机质与碱解氮相关性分析 有机质是影响土壤碱解氮含量的一个重要因子^[7]。从耕层土样有机质与碱解氮测定结果来看,贵德县耕层土样 1 的土壤有机质含量 (x) 与土壤碱解氮含量 (y) 之间存在着极显著线性正相关, $y = 4.4041x + 23.116$ ($n = 499$, $R^2 = 0.6355$)。贵德县耕层土样 2 的土壤有机质含量 (x) 与土壤碱解氮含量 (y) 之间存在着显著线性正相关, $y = 2.1505x + 50.072$ ($n = 146$, $R^2 = 0.4859$)。贵德县耕层土样 3 的土壤有机质含量 (x) 与土壤碱解氮含量 (y) 之间存在着显著线性正相关, $y = 4.845x + 52.557$ ($n = 30$, $R^2 = 0.3461$)。协作项目土壤有机质含量 (x) 与土壤碱解氮含量 (y) 之间存在着极显著线性正相关, $y = 2.3092x + 70.263$ ($n = 318$, $R^2 = 0.8790$)。相关结果见图 5

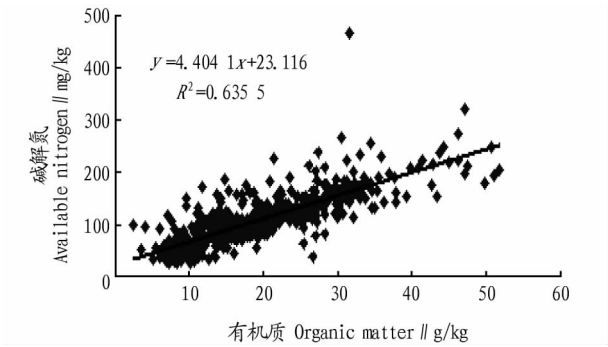


图5 土样1有机质与碱解氮散点拟合结果

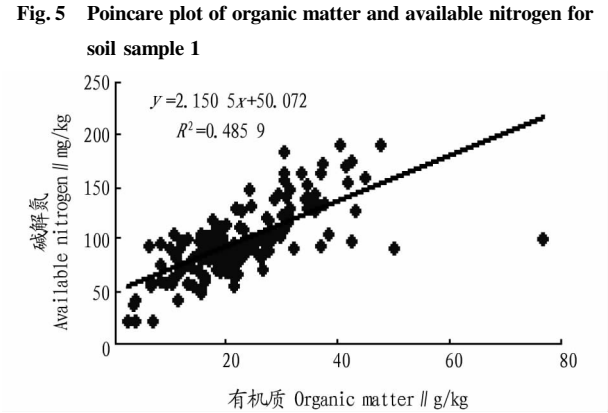


图6 土样2有机质与碱解氮散点拟合结果

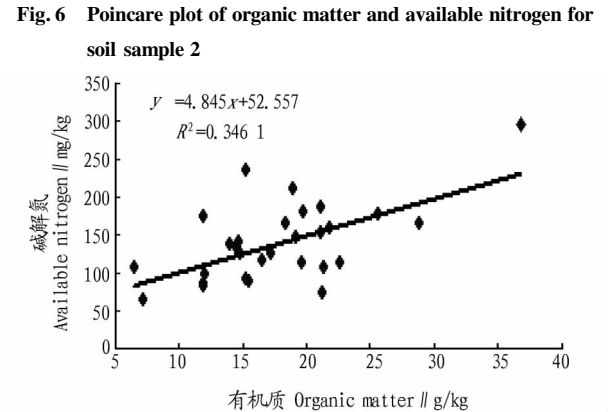


图7 土样3有机质与碱解氮散点拟合结果

Fig. 7 Poincare plot of organic matter and available nitrogen for soil sample 3

$y = 83.826x - 17.726 (n = 499, R^2 = 0.7243)$ 。贵德县耕层土样2的土壤全氮含量(x)与土壤碱解氮含量(y)之间存在着极显著线性正相关, $y = 62.801x + 25.341 (n = 146, R^2 = 0.7248)$ 。贵德县耕层土样3的土壤全氮含量(x)与土壤碱解氮含量(y)之间存在着显著线性正相关, $y = 35.871x + 81.055 (n = 30, R^2 = 0.3091)$ 。协作项目土壤全氮含量(x)与土壤碱解氮含量(y)之间存在着极显著线性正相关, $y = 51.851x + 56.28 (n = 318, R^2 = 0.7881)$ 。相关结果见图9~12。

根据4组不同测定时期的土壤碱解氮测定值与相关方程预测值 <5 g/kg 样品个数统计结果显示,土样1中有105个土样符合平行样误差要求 <5 g/kg,占总样本数的21%;

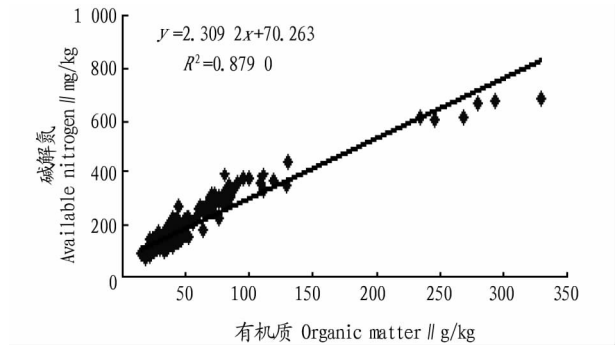


图8 协作项目有机质与碱解氮散点拟合结果

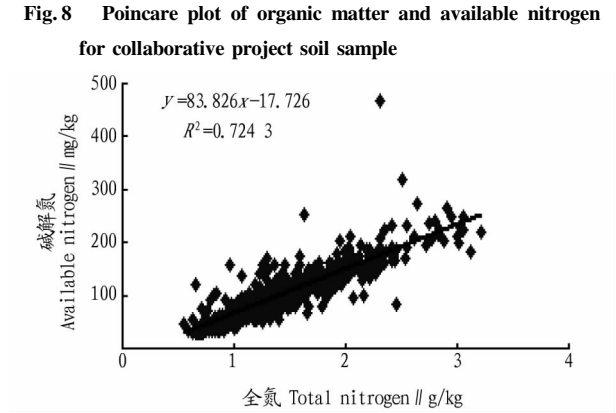


图9 土样1全氮与碱解氮散点拟合结果

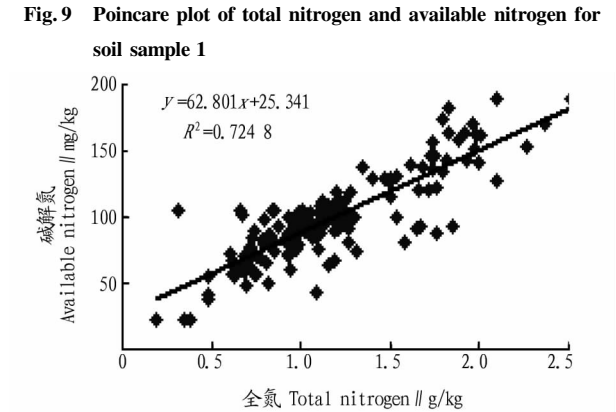


图10 土样2全氮与碱解氮散点拟合结果

Fig. 10 Poincare plot of total nitrogen and available nitrogen for soil sample 2

土样2中有33个土样符合平行样误差要求 <5 g/kg,占总样本数的23%;土样3中有4个土样符合平行样误差要求 <5 g/kg,占总样本数的13%;即使协作项目可决系数 $R^2 = 0.7881$,用其相关方程预测的结果符合误差要求的样本数为38个,占总样本数的12%。

通过贵德县耕层土样1实际测定值与预测值之间所进行的 u 测验,得 $u = -1.4904, |u| (1.4904) < u_{0.05} (1.9600)$,实际值与预测值之间没有明显差异。贵德县耕层土样2实际测定值与预测值之间所进行的 u 测验,得 $u = 0.0001, |u| (0.0001) < u_{0.05} (1.9600)$,实际值与预测值之间没有明显差异。贵德县耕层土样3实际测定值与预测值之间所进行的 u 测验,得 $u = -0.000009, |u| (0.000009) <$

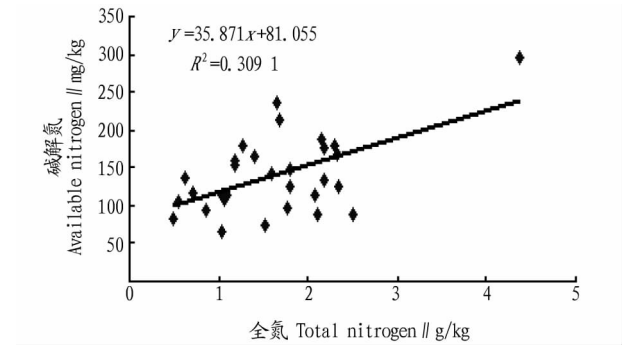


图 11 土样 3 全氮与碱解氮散点拟合结果

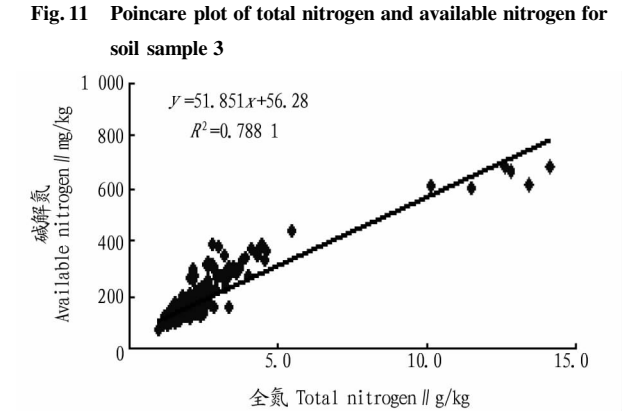


图 12 协作项目全氮与碱解氮散点拟合结果

Fig. 12 Poincare plot of total nitrogen and available nitrogen for collaborative project soil sample

$u_{0.05}(1.9600)$,实际值与预测值之间没有明显差异。协作项目实际测定值与预测值之间所进行的 u 测验,得 $u = -0.00013$, $|u|(0.00013) < u_{0.05}(1.9600)$,实际值与预测值之间没有明显差异。由此可见,用全氮预测碱解氮还有待进一步研究。

2.5 贵德县耕层土壤碱解氮与有效磷比值分析 贵德县不同乡镇土样碱解氮与有效磷比值统计分析结果见表 3。由表 3 可以看出,贵德县常牧镇、杂让乡的 $N/P_2O_5 \geq 4$ 的样本数分别为 71、53,占总样本数的 57.26%、54.08%;河西镇、拉瓦西镇的 $N/P_2O_5 \geq 4$ 的样本数相对较多,分别占总样本数的 37.58%、48.00%,在这些乡镇应注意磷肥的施用,使氮磷平衡,发挥氮磷肥的协调作用。

表 3 贵德县不同乡镇耕层土样碱解氮与有效磷比值统计

Table 3 The ratio of available nitrogen and available phosphorus of different townships' top layer soil in Guide County

序号 No.	乡镇名称 Townships' name	样本数 Sample size 个	N/P ₂ O ₅ ≥ 4		N/P ₂ O ₅ < 4 个
			个数 Number 个	比例 Proportion %	
1	河东乡	94	22	23.40	72
2	河西镇	165	62	37.58	103
3	常牧镇	124	71	57.26	53
4	河阴镇	60	17	28.33	43
5	新街回族乡	76	18	23.68	58
6	拉瓦西镇	50	24	48.00	26
7	杂让乡	98	53	54.08	45

3 结论

(1)耕层土壤有机质含量与全氮含量间存在着极显著相关, $y = 22.937x - 7.2417, R^2 = 0.9356^{**}$;耕层土壤有机质含量与碱解氮含量间存在着极显著相关, $y = 2.3092x + 70.263, R^2 = 0.8790^{**}$;耕层土壤全氮含量与碱解氮含量间存在着极显著相关, $y = 62.801x + 25.341, R^2 = 0.7248^{**}$ 。

(2)贵德县常牧镇、杂让乡的 $N/P_2O_5 \geq 4$ 的样本数分别为 71、53,占总样本数的 57.26%、54.08%;河西镇、拉瓦西镇的 $N/P_2O_5 \geq 4$ 的样本数相对较多,分别占总样本数的 37.58%、48.00%。

参考文献

[1] 赵义涛,姜佰文,梁运江. 土壤肥科学[M]. 北京:化学工业出版社,2009:2-3.
[2] 张保华,张秀玲,白振华,等. 集约农区耕层土壤养分相关性变化研究[J]. 山东农业科学,2009(9):67-69.
[3] 齐雁冰,黄标,顾志权,等. 长江三角洲典型区农田土壤碳氮比值的演变趋势及其环境意义[J]. 矿物岩石地球化学通报,2008,27(1):50-56.
[4] 李庆文. 泗县耕层土壤养分现状及培肥措施[J]. 安徽农学通报,2010,16(19):100-101.
[5] 中国土壤学会农业化学专业委员会. 土壤农业化学常规分析方法[M]. 北京:科学出版社,1983:35-98.
[6] 贾建修,任丽莎. 新安县耕层土壤养分含量变化状况及对策建议[J]. 中国农技推广,2010,26(4):38-40.
[7] 苏红. 新民市菜园土壤有机质与速效养分含量关系的研究[J]. 现代农业科技,2010(5):257,260.

(上接第 100 页)

[8] 许腾. 济宁青山羊生产发展模式的探讨[J]. 当代畜牧,2010(9):40-42.
[9] 许涛,孙广勇. 单县青山羊养殖现状及发展建议[J]. 山东畜牧兽医,2011,32(8):65-67.
[10] 吴卫东,张亚民. 菏泽市青山羊产业发展中存在的问题及建议[J]. 养殖技术顾问,2011(12):253.
[11] 李贺. 菏泽青山羊面临绝种危机[J]. 农业知识(科学养殖),2011(10):50-51.

[12] 许涛,白峰. 制约鲁西南青山羊发展瓶颈及解决措施[J]. 山东畜牧兽医,2012,33(6):27-28.
[13] 王可,蔡中峰,楚惠民,等. 山东省济宁青山羊种质资源调查与分析报告[J]. 江苏农业科学,2013,41(7):215-217.
[14] 王福刚,何绍钦,刘召乾,等. 济宁青山羊养殖现状与发展对策[J]. 中国畜牧兽医,2009,36(8):189-192.
[15] 陈甜,肖海峰. 中国羊肉消费状况及影响因素研究[J]. 中国畜牧杂志,2016,52(12):15-20.