

用土壤全氮与有机质建立油菜测土施氮 指标体系的研究

姜丽娜¹, 王强¹, 单英杰², 符建荣¹, 马军伟¹, 叶静¹, 俞巧钢¹

(1 浙江省农业科学院环境资源与土壤肥料研究所, 杭州 310021; 2 浙江省土肥站, 杭州 310020)

摘要: 本文在汇总近年来浙江省多点油菜氮肥效应试验、氮肥用量试验的基础上, 比较氮肥效应、经济施氮量与土壤全氮、土壤有机质之间的回归函数模型, 筛选建立油菜测土施氮指标体系的可靠测定指标。回归分析结果表明, 土壤有机质、土壤全氮与缺氮处理相对产量的回归指数函数分别为 $Y = 20.157e^{0.4413X}$ ($R^2 = 0.5887^{**}$) 和 $Y = 10.882e^{0.045X}$ ($R^2 = 0.3365^{**}$), 土壤有机质、土壤全氮与油菜经济施氮量的对数函数分别为 $Y = -314.25\ln X + 1392.9$ ($R^2 = 0.6896^{**}$) 和 $Y = -191.77\ln X + 427.81$ ($R^2 = 0.314^{**}$)。比较曲线函数的回归决定系数 R^2 , 土壤有机质与缺氮处理相对产量、经济施氮量的回归决定系数大于预测精度要求, 可成为油菜种植田土壤供氮能力丰缺和推荐经济施氮量的指标, 而全氮由于回归决定系数 R^2 低于 0.35, 不适合成为土壤供氮能力和推荐经济施氮量的指标。通过回归方程划定不同土壤供氮水平下土壤有机质含量范围和相对应的推荐经济施氮量, 构建浙江省油菜测土施氮指标体系。

关键词: 油菜; 土壤全氮; 土壤有机质; 测土施氮; 指标体系

中图分类号: S565.4.062

文献标识码: A

文章编号: 1008-505X(2012)01-0203-07

Research on nitrogen fertilizer recommendation indicator system establishment using soil tested total N and organic matter in rapeseed

JIANG Li-na¹, WANG Qiang¹, SHAN Ying-jie², FU Jian-rong¹, MA Jun-wei¹, YEI Jin¹, YU Qiao-gang¹

(1 Institute of Environmental Resource and Soil Fertilizer, Zhejiang Academy of Agricultural Sciences, Hangzhou 310021, China; 2 Soil and Fertilizer Station, Zhejiang Province, Hangzhou 310020, China)

Abstract: This article attempted to establish rapeseed indicator system of soil testing and nitrogen(N) fertilizer recommendation using the regression function mode through analyzing the nitrogen fertilizer effect, economy N fertilizer applied rate, soil total nitrogen and soil organic matter(OM) based on large data of rapeseed nitrogen fertilizer effect and rate experiments in recent years in Zhejiang Province. The mathematic model showed that, soil OM, soil total N and the rapeseed relative yield of N deficiency treatment existed a regression index function with $Y = 20.157e^{0.4413X}$ ($R^2 = 0.5887^{**}$) and $Y = 10.882e^{0.045X}$ ($R^2 = 0.3365^{**}$), while soil OM, soil total N and the economic rate of nitrogen fertilizer application also existed a regression index function with $Y = -314.25\ln X + 1392.9$ ($R^2 = 0.6896^{**}$) and $Y = -191.77\ln X + 427.81$ ($R^2 = 0.314^{**}$). The regression determination coefficient R^2 among soil OM, the rapeseed relative yield of N deficiency treatment and the economic rate of nitrogen fertilizer application were above the forecast precision. Soil OM may be an index for soil nitrogen supply ability forecast and economic nitrogen fertilizer recommendation in field rapeseed production. However, soil total nitrogen was not a suitable index for soil nitrogen supply ability forecast and economic nitrogen fertilizer recommendation because regression determination R^2 was less than 0.35. The soil testing and N fertilizer recommendation indicator system was constructed for rapeseed planting area in Zhejiang Province based on regress equations delimited content range of soil OM and recommendation N fertilizer rate under different N supply level.

收稿日期: 2011-06-10

接受日期: 2011-08-02

基金项目: 国家科技支撑项目课题(2008BADA4B08); 国际植物营养研究所(IPNI)项目资助。

作者简介: 姜丽娜(1957—), 女, 浙江宁波人, 研究员, 从事土壤肥料研究工作。E-mail: jln@mail.hz.zj.cn

Key words: rapeseed; soil total N; soil organic matter; nitrogen fertilizer recommendation based on soil tests; indicator system

我国的测土施肥研究已有五十多年的历史^[1], 上世纪 80 年代在理论和技术上取得了较大的成果, 2005 年开始的测土施肥行动, 又更进一步推动了测土施肥的研究。土壤肥力指标法是在我国推广应用的主要测土施肥方法, 具有简易、快速和价廉的特点^[2], 在大量肥效田间试验基础上建立土壤速效养分丰缺指标体系, 再根据不同肥力水平下养分用量试验建立施肥函数确定经济施肥量, 构成完整的测土施肥指标体系。应用测土施肥指标体系可在作物种植前通过测定土壤养分含量确定经济施肥量。我国现阶段磷、钾等大都采用指标体系法。但由于土壤速效氮含量与作物氮肥效应的相关性不稳定而难以建立测土施氮指标体系, 目前施氮推荐中还一直用“定产定氮法”、“目标产量法”等方法^[3-6], 实际上不能做到测土施氮。速效氮虽然是当季供氮能力的指标, 但受土壤水分、气候条件等影响变异较大, 而全氮和有机质则是土壤供氮潜力指标, 在当季供氮能力测试值不稳定时, 采用较为稳定的供氮潜力指标是测土施氮可探索的途径。在近年全国测土施肥行动中, 土壤全氮、土壤有机质含量是田间试验土壤必测的项目, 各地都积累了大量的土壤全氮、土壤有机质的数据与田间试验产量结果, 用土壤全氮和土壤有机质建立测氮施肥指标体系有较大的可行性。一直以来, 对土壤全氮和土壤有机质含量与田间试验不施氮处理的相对产量进行相关分析的研究较少, 特别是用全氮、有机质作为测土施氮指标的更少。本文通过对浙江省近年来大量油菜的田间试验结果和土壤测试结果的回归分析, 尝试用土壤全氮、有机质作为油菜供氮丰缺和推荐经济施肥量的指标, 并客观地评价土壤全氮和有机质作为测土施肥指标的优劣, 筛选出合适的测定指标, 建立浙江省油菜测土施氮指标体系。

1 材料与方 法

1.1 田间试验

2006 至 2010 年在全省各油菜主产区布置油菜氮肥效应及氮肥用量田间试验 39 个, 各试验点的供试土壤类型及 0—20 cm 耕层土壤的农化性状见表 1。各试验点种植的油菜主要品种为浙双 72 等当地推广品种, 育苗移栽, 前茬作物为水稻。试验采用“3414”方案(包括部分实施“3414”试验)及肥效和

用量综合试验方案(试验处理 11 ~ 13 个), 其中与氮肥效应及氮肥施用量有关的处理为: 空白(N0)、N1、N2(OPT)、N3, 部分试验加设 N4 处理, 试验中氮肥用量以 N2 为预设最佳处理, N1、N3 和 N4 分别为 N2 用量的 0.5、1.5 和 2 倍。各地采用的最佳施肥量预设值在 180 ~ 240 kg/hm² 之间, 根据各地土壤肥力状况有所差异。

1.2 土壤养分测定

试验前采集基础土样进行各项养分含量测定。有机质采用油浴加热, 重铬酸钾氧化容量法; pH 采用电位法, 土液比 1:2.5; 全氮采用凯氏蒸馏法; 有效磷用碳酸氢钠浸提—钼锑抗比色法测定, 速效钾采用乙酸铵浸提—火焰光度计法测定。

1.3 数据处理方法:

根据缺氮处理相对产量(%) = 缺氮处理产量/最佳处理产量 × 100, 计算各试验中缺氮处理相对于预设最佳处理的相对产量, 再用缺氮处理相对产量与土壤有机质及土壤全氮测定值进行回归分析, 根据不同相对产量水平, 确定土壤供氮能力丰缺指标。同时计算每一个试验的氮肥效应曲线(二次曲线), 从效应曲线按边际效应 R = 0 计算最佳施肥量。对各试验点的最佳施氮量与土壤有机质和全氮进行回归分析, 计算在不同供氮能力水平上的经济施肥量, 最终形成测土施氮指标体系。比较回归方程的决定系数, 以 R² = 0.49 为最小回归预测精度, 筛选合适的测定指标。用 DPS 软件进行相关及回归统计分析。

2 结果与分析

2.1 浙江省油菜主要养分限制因子

全省 39 个油菜试验统计(表 2), 预设最佳施肥处理产量在 1008 ~ 3569 kg/hm² 之间, 平均为 2394 kg/hm²。缺氮处理平均产量为 1253 kg/hm², 平均相对产量仅为最佳处理的 52.7%, 施氮平均增产 1068 kg/hm², 平均增产率达 130.2%, 单位氮平均增产量为 5.5 kg。全省磷、钾肥效应明显小于氮肥, 施磷、钾肥平均增产率分别为 50.2% 和 11.9%, 缺磷、钾处理平均相对产量分别为 76.0% 和 94.6%。表明氮是浙江省油菜种植土壤的主要养分限制性因子, 且施氮效应变化范围较大, 通过合理施氮可进一步提高氮肥增产潜能。浙江省油菜大部分与水稻轮作, 生育期长, 且大部分时间都在冬春低温季节, 土

表 1 供试土壤农化性状
Table 1 Agricultural chemical characteristics of tested soil

土壤亚类 Soil subgroup	主要土属 Soil genus	主要分布地 Distribution area	试验点数 Experiment number	有机质 OM (g/kg)	pH	全氮 Total N (g/kg)	有效磷 Avail. P (mg/kg)	速效钾 Avail. K (mg/kg)
脱潜水稻土 Degleyed paddy soil	青紫泥田 Blue clayey paddy soil 青粉泥田 Blue silt-clayey paddy soil	水网平原低洼 Water-net plain low-lying area	14	35.1~49.2	5.69~7.10	1.80~3.20	1.8~34.6	58.8~171.0
淹育水稻土 Submergic paddy soil	黄筋泥田 Paddy field on quaternary red soil	丘陵盆地 Hill-basin	7	32.2~40.8	4.77~5.95	0.82~2.20	13.1~62.4	58.8~162.2
潜育水稻土 Hydrogic paddy soil	洪积泥砂田 Diluvial gritty loamy paddy soil 黄泥砂田 Paddy field on redeposit of red soil	丘陵山垄 Hill valley	10	15.5~47.8	4.86~5.90	1.31~2.08	2.5~37.09	46~104.5
潜育水稻土 Hydrogic paddy soil	粉泥田 Silt-loamy paddy soil 汀煞白土田 Ochr-settling paddy soil	水网平原 Water-net plain	8	20.3~39.0	5.60~6.13	1.80~2.18	2.1~37.1	65.2~164.0
合计 Total			39	15.5~49.2	4.77~7.10	0.82~3.20	1.8~62.4	46~171.0

表 2 浙江省油菜施肥的增产效应

Table 2 Yield increase effect of fertilization in Zhejiang Province

处理 Treatment	产量(kg/hm ²) Yield		施肥增产(%) Increase yield by fertilization		单位肥料增产(kg) Unit fertilizer increase yield		缺素处理相对产量(%) Relative yield of nutrient deficiency treatment	
	平均 Average	范围 Range	平均 Average	范围 Range	平均 Average	范围 Range	平均 Average	范围 Range
	OPT	2394	1008 ~ 3569					
OPT-N	1253	195 ~ 2810	130.2	1.5 ~ 578.0	5.5	0.14 ~ 11.0	14.7 ~ 98.5	52.7
OPT-P	1839	410 ~ 3155	50.2	-1.3 ~ 299.5	7.0	-1.6 ~ 23.2	25 ~ 113.8	76.0
OPT-K	2217	779 ~ 3351	11.9	-18.5 ~ 75.7	1.4	-4.7 ~ 10.3	70.2 ~ 117.6	94.6

注(Note): OPT—最佳施肥量 Optimum application rate

壤供氮能力较低,合理施氮对油菜高产高效和保障浙江省食用油自给十分重要。

2.2 油菜种植区土壤有机质与土壤全氮的相关性

土壤全氮和有效氮是土壤供氮能力的指标,而土壤有机质一直都被认为是与土壤供氮能力高度相关的指标,占土壤氮素 80% 以上的有机态氮结合在有机质中。对全省油菜试验点土壤有机质含量和土壤全氮含量回归分析结果表明,回归方程 $Y = 0.0627X - 0.1704$, $R^2 = 0.7744^{**}$,两者之间有高度的线性相关(图 1),验证了土壤有机质含量高的土壤全氮含量也高,有机质虽然不是直接的供氮指标,但可作为土壤供氮潜力指标。这与徐明岗^[7]、张启新^[8]、王志强^[9]、陈学昌^[10]等对有机质与全氮相关性的研究相一致,由于土壤有机质的测定方法相对于全氮分析方法稳定和简便,顾嗣芹^[11]等还用土壤有机质来估算土壤全氮。重铬酸钾法是测定土壤有机质含量的常规方法,准确、稳定和易于为基层测试人员掌握的优点,用有机质作为土壤供氮指标在测土施氮中应用有较大的可行性。

2.3 土壤有机质、全氮与土壤供氮能力的回归函数模型

土壤对作物的供氮能力大小一般可用不施氮处理的相对产量来表示,土壤测氮指标与不施氮处理的相对产量之间的相关或回归分析是确定测氮指标是否可作为土壤供氮能力指标的常用方法。对油菜试验中土壤有机质与缺氮处理相对产量(图 2)、土壤全氮与缺氮处理相对产量之间进行回归分析(图 3),结果表明,土壤有机质与缺氮处理相对产量、土壤全氮与缺氮处理相对产量之间拟合指数曲线模型,回归函数分别为 $Y = 20.157e^{0.4413X}$, $Y = 10.882e^{0.045X}$,回归决定系数 R^2 分别为 0.5887 和

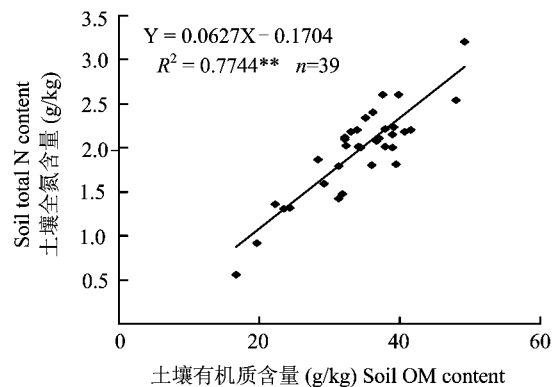


图 1 油菜种植土壤有机质与全氮的相关

Fig. 1 Correlation between soil OM and soil total N in rapeseed planting area

0.3365,达极显著水平。决定系数 R^2 表示 X 与 Y 间的回归平方和占总平方和的比率,决定系数越高,表示回归程度越高,用 X 预测 Y 的精度也越高,一般决定系数要求大于 0.49,才能保证回归预测精度。从两个函数方程决定系数看,土壤有机质与缺氮处理相对产量的回归决定程度较高,达到 0.5857,而土壤全氮与缺氮处理相对产量的回归决定程度只有 0.3365,全氮含量变化引起缺氮处理相对产量变化的只有 34%,而大部分是由于另外原因引起,比较的结果表明,土壤有机质作为土壤供氮能力的测试指标优于土壤全氮,而土壤全氮作为供氮能力的指标其可靠程度较低。

2.4 土壤有机质、土壤全氮与油菜经济施肥量的相关性

在氮素丰缺指标确定后,对不同供氮水平下的施肥参数的确定十分重要,确定了不同供氮水平下的经济施肥量,才可最终根据土壤全氮及有机质的

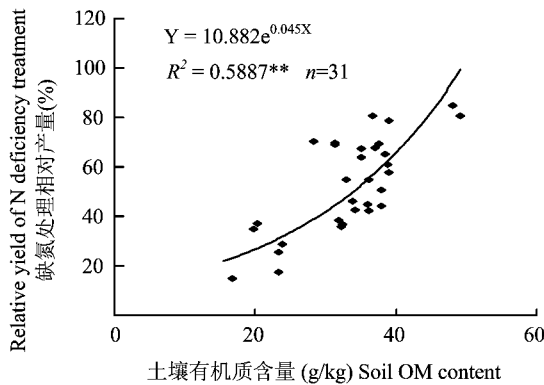


图2 土壤有机质与油菜缺氮处理相对产量的回归曲线

Fig.2 Regression curve of soil OM and relative rapeseed yield of N deficiency treatment

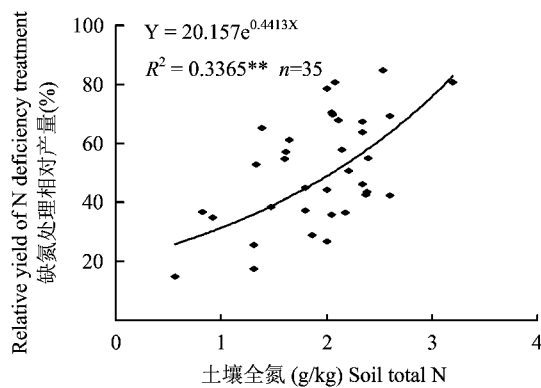


图3 土壤全氮与油菜缺氮处理相对产量的回归曲线

Fig.3 Regression curve of soil total N and relative rapeseed yield of N deficiency treatment

测定值进行推荐施肥。对39个油菜氮肥用量试验配置氮肥效应二次曲线,计算边际效应等于零时的经济施肥量,有23个试验点的氮肥效应曲线符合抛物线型二次曲线,且计算所得的经济施肥量在0~610 kg/hm²范围内。对经济施肥量与土壤有机质、土壤全氮进行回归分析,结果表明(图4、图5),土壤有机质、土壤全氮与经济施氮量适合对数模型($Y = a + b \ln X$);回归方程有机质为 $Y = 1392.9 - 314.25 \ln X$,全氮为 $Y = 427.81 - 191.77 \ln X$,其决定系数 R^2 分别为0.6896和0.314,曲线拟合都达极显著水平。比较两个回归方程的决定系数 R^2 表明,土壤有机质与经济施肥量的回归决定程度明显高于土壤全氮和经济施肥量的回归决定程度,土壤全氮与经济施肥量的对数曲线相关度只达到中等,而土壤有机质与经济施肥量达到高度的对数曲线相关度,结果与土壤有机质、土壤全氮与相对产量回归决定

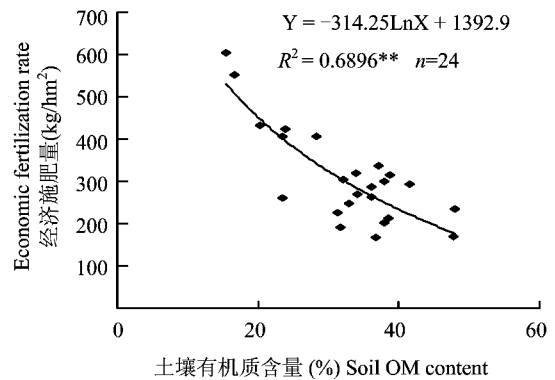


图4 土壤有机质与油菜经济施肥量的回归曲线

Fig.4 Regression curve of soil OM and economic fertilization rate of rapeseed

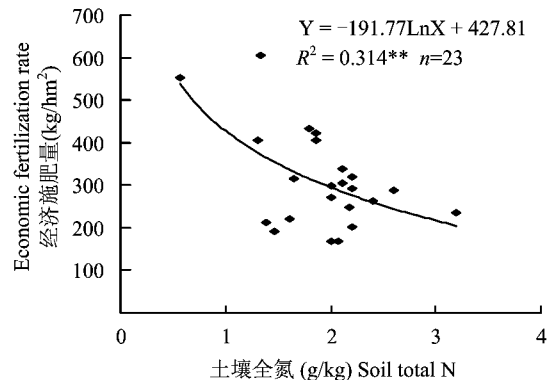


图5 土壤全氮与油菜经济施肥量的回归曲线

Fig.5 Regression curve of soil total N and economic fertilization rate of rapeseed

程度的结果相一致,表明土壤有机质更适于作测土施氮指标。

2.5 油菜测土施氮指标体系

根据土壤有机质含量与油菜缺氮处理相对产量的函数曲线建立油菜土壤供氮丰缺指标,把土壤供氮能力划分为四个等级,以缺氮处理相对产量<50%为极低、50~75%为低、75%~95%为中等、>95%为高,计算不同级别供氮能力对应的土壤有机质含量。根据土壤有机质与经济施氮量的回归函数方程,计算各级供氮能力下的经济施氮量,构成了浙江省油菜测氮施肥指标体系(表3)。

3 讨论

根据土壤供氮能力合理施用氮肥是保证作物高产、提高氮肥利用率、减少农业面源污染的关键,而合适的供氮测试指标的选择和氮肥用量推荐是国内外测土施氮的难点,至今也没有适于各种土壤的令

表3 浙江省油菜测氮施肥指标

Table 3 The critical index of soil N fertility and recommendation fertilization rate in the rapeseed planting regions

土壤指标 Soil index	函数 Regression function	极低 Extremely low	低 Low	中 Medium	高 High
有机质 OM(g/kg)	$Y = 10.882e^{0.045X}$	< 34	34 ~ 43	43 ~ 48	> 48
经济施氮量 Economic N fertilization rate(kg/hm ²)	$Y = 1392.9 - 314.25\text{Ln}X$	> 285	210 ~ 285	176 ~ 210	< 176

人满意的氮的测试方法、指标和参数^[6]。本研究结果表明,在土壤供氮潜力指标中,土壤有机质明显优于土壤全氮作为油菜测氮丰缺指标,这是基于土壤有机质与土壤供氮能力及经济施氮量有较好的回归决定度,但在国内外文献中以土壤有机质直接作为测土施氮指标很少有报道。李生秀^[12]、李菊梅^[13]等研究认为全氮、有机质能稳定地反映旱地土壤供氮能力,作物生育期愈长的作物相关性愈好,但很多研究者认为土壤全氮与有机质含量过于稳定、含量变化小很难在实际中应用^[14-16],这可能是国内外很少用土壤全氮、有机质作为测土施氮指标的主要原因之一。我国现阶段的测土施肥以总量推荐为主,在作物种植前采样测定土壤的供肥指标,对照养分丰缺指标,确定土壤的供肥能力,进行全生育期氮肥总量推荐,土壤全生育期供肥潜力十分重要,尤其是在油菜作物生育期长,前季作物水稻种植后,土壤中残留的无机氮较少,可矿化氮起的作用较大,土壤有机质作为供氮潜力指标在油菜测土施肥中应用有一定的理论基础。本文中全氮与缺氮处理相对产量的回归决定度明显低于土壤有机质,可能与测试数据大部分来自基层测定,土壤全氮的测试方法较复杂其误差较大有关。土壤全氮是否适合作油菜的测土施肥指标,还有待于更进一步的研究。

根据土壤供氮水平,推荐合理的施氮量,是测土施肥指标体系建立的重要部分,很多依据经验确定施肥范围,再按供肥级别等量划分。本文以氮肥用量田间试验结果的二次多项式函数来确定经济施氮量,多点试验的经济施氮量与土壤测试指标进行回归,得出不同供氮水平下的施氮量,这是比较可靠的确定指标体系中推荐施氮量的方法,结果使用范围较广,避免了少量试验结果只适合小范围地区的弊病。但采用该方法进行大量试验汇总时,经常会有经济施氮量出现负值及过高与实际不符的情况,特别是在不设重复的“3414”试验中出现的比例较高,一个处理的误差,可使计算结果产生明显的波动。在本文的研究中,虽然有39个试验,但施肥函数计

算经济施氮量在合理范围内的只有23个,负值及过高值都应剔除,否则将会影响到推荐结果的实际应用价值。在今后布置更多的田间试验,尤其在有机质含量低和含量高的地区布置试验更加重要,随着试验量的不断增加,将使指标体系更加完善。

4 结论

本文在汇总分析近年来浙江省多点油菜氮肥效应试验、氮肥用量试验油菜产量和土壤分析测试结果的基础上,通过回归分析确定氮肥效应、经济施氮量和土壤有机质、土壤全氮之间的函数模型,尝试用土壤全氮和土壤有机质建立油菜测土施氮指标体系。回归分析结果表明,土壤有机质与油菜缺氮处理相对产量较好地拟合指数曲线, $Y = 20.157e^{0.4413X}$,土壤有机质与经济施氮量间的对数回归曲线 $Y = -314.25\text{Ln}X + 1392.9$,两曲线的回归决定系数分别为 $R^2 = 0.5887$,和 $R^2 = 0.6896$,符合回归预测精度要求,土壤有机质可成为油菜种植田土壤供氮能力丰缺指标和推荐经济施氮量的指标,而土壤全氮与缺氮处理相对产量、油菜经济施氮量回归曲线虽然可拟合为 $Y = 10.882e^{0.045X}$ 和 $Y = -191.77\text{Ln}X + 427.81$,但回归决定系数 $R^2 = 0.3365$ 和 $R^2 = 0.314$,不能满足预测精度,不适合成为土壤供氮能力和推荐经济施氮量的指标。在回归分析的基础上,耦合土壤供氮丰缺指标和推荐经济施氮参数,构建完善了浙江省油菜测土施氮指标体系。在生产中应用该指标体系,可在油菜种植前采样测定农田土壤有机质,对照丰缺指标,方便地确定农田的经济施氮量,为油菜的高产和高效提供营养保障。

参考文献:

- [1] 周鸣铮. 中国的测土施肥[J]. 土壤通报, 1987, 18(1): 7-13.
Zhou M Z. Testing soil and recommendation fertilization in China [J]. Chin. J. Soil Sci., 1987, 18(1): 7-13.
- [2] 陆允甫, 吕晓男. 中国测土施肥工作的进展和展望[J]. 土壤

- 学报, 1995, 32(3): 241-252.
- Lu Y F, Li X N. Progress and prospect in fertilizer recommendation based on soil testing in China [J]. *Acta Pedol. Sin.*, 1995, 32(3): 241-252.
- [3] 黄德明. 测土施肥科学的发展及其前景[J]. *农业新技术*, 1985, (6): 4-7.
- Huang D M. Develop and foreground science of soil testing and fertilizer recommendations [J]. *New Agric. Tech.*, 1985, (6): 4-7.
- [4] 胡之廉. 浙江省水稻配方施肥的形成与发展[J]. *土壤*, 1990, 22(4): 205-207.
- Hu Z L. Rice formula fertilization formation and development in Zhejiang province [J]. *Soils*, 1990, 22(4): 205-207.
- [5] 黄德明. 十年来我国测土施肥的进展[J]. *植物营养与肥料学报*, 2003, 9(4): 495-499.
- Huang D M. Soil testing and fertilizer recommendations in China during the past decade [J]. *Plant Nutr. Fert. Sci.*, 2003, 9(4): 495-499.
- [6] 贾良良, 张朝春, 江荣风, 等. 国外测土施肥技术的发展与应用[J]. *世界农业*, 2008(005): 60-63.
- Jia L L, Zhang C C, Jiang R F *et al.* Overseas measured soil and recommended fertilizer technical development and the application [J]. *World Agric.*, 2008, (005): 60-63.
- [7] 徐明岗. 陕西土壤有机质与全氮量的关系[J]. *陕西林业科技*, 1993, (002): 9-10.
- Xu M G. The relationship between soil organic material content and soil total nitrogen content in shaanxi province [J]. *Shaanxi Forest Sci. Tech.*, 1993(002): 9-10.
- [8] 张启新, 李洁. 土壤有机质与全氮相关关系分析[J]. *硅谷*, 2010, (16): 122.
- Zhang Q X, Li J. Relationship analysis between soil OM and soil total N [J]. *Silicon Vall.* 2010, (16): 122.
- [9] 王志强. 南通市各农区土壤有机质与全氮测定及其相关性分析[J]. *现代农业科技*, 2009, (21): 221.
- Wang Z Q. Soil organic material and soil total nitrogen analysis and relationship in Nantong city [J]. *Mod. Agric. Sci. Tech.*, 2009, (21): 221.
- [10] 陈学昌, 孙冬梅. 黑龙江省土壤有机质与全氮和碱解氮的相关分析[J]. *黑龙江八一农垦大学学报*, 1995, 8(2): 57-60.
- Sun D M, Chen X C. Correlation analysis of soil organic matter, total nitrogen and available nitrogen in Heilongjiang province [J]. *J. Heilongjiang Aug. First land Reclam. Univ.*, 1995, 8(2): 57-60.
- [11] 顾嗣芹. 瑞安县耕层土壤有机质与全氮量的相关-回归方程及换算系数的商榷[J]. *温州农业科技*, 1984, (4): 32-33.
- Gu S Q. Soil organic material and soil total nitrogen relationship-discussed to regress equation and convention coefficient in Ruian [J]. *Wenzhou Agric. Sci. Tech.*, 1984, (4): 32-33.
- [12] 李生秀, 付会芳, 肖俊璋, 袁虎林. 几种测氮方法在反映旱地土壤供氮能力方面的效果[J]. *干旱地区农业研究*, 1992, 10(2): 72-81.
- Li S X, Fu H F, Xiao J Z, Yuan H L. The effectiveness of several methods determining soil available or potentially available N in reflecting dryland soil N supply-capacities [J]. *Agric. Res. Arid Areas*, 1992, 10(2): 72-81.
- [13] 李菊梅, 王朝辉, 李生秀. 有机质, 全氮和可矿化氮在反映土壤供氮能力方面的意义[J]. *土壤学报*, 2003, 40(2): 232-238.
- Li J M, Wang Z H, Li S X. Significance of soil organic matter, total N and mineralizable nitrogen in reflecting soil N supplying capacity [J]. *Acta Pedol. Sin.*, 2003, 40(2): 232-238.
- [14] 叶优良, 张福锁, 李生秀. 土壤供氮能力指标研究[J]. *土壤通报*, 2001, 32(6): 273-277.
- Ye Y L, Zhang F S, Li S X. Study on soil nitrogen supplying indexes [J]. *Chin. J. Soil Sci.*, 2001, 32(6): 273-277.
- [15] 闫德智, 王德建. 土壤供氮能力研究方法进展[J]. *土壤*, 2005, 37(1): 20-24.
- Yan D Z, Wang D J. Methods for studying soil nitrogen supply capacity [J]. *Soils*, 2005, 37(1): 20-24.
- [16] 胡田田, 李生秀. 土壤供氮能力测试方法的研究 II. 几种测氮方法的测定值与作物吸氮量的关系[J]. *干旱地区农业研究*, 1993, 11: 62-67.
- Hu T T, Li S X. Studies on methods determine soil nitrogen-supplying capacities II. the relationship between mineralizable or mineral N determined by different methods and plant uptake nitrogen [J]. *Agric. Res. Arid Areas*, 1993, 11: 62-67.