

仪征市 30 年耕地养分时空变化趋势及其与粮食生产的关系

王长松 刘桂芳 陈莉萍 孔祥英 翟付凤 杨家保 王永弟
(江苏省仪征市土壤肥料工作站 江苏仪征 211400)

摘 要 通过对仪征近 30 年来地力调查与定位监测数值、粮食产量数据、气象数据、肥情调查数据的分析, 得出下列结果: 30 年间有机质变化呈显先降后升的趋势, 这和农田有机物质的投入与消耗的数量平衡有关; 速效 P 呈显先升后降再上升的趋势, 速效 K 呈显逐渐上升的趋势, 这和 P、K 化肥用量变化有关; 有效 Zn 呈上升趋势, 有效 B 呈下降趋势, 这和种植业结构调整关系密切。30 年间粮食生产出现先升后降再上升的趋势, 粮食产量的变化受多种因素综合影响, 育种技术突破引发产量大幅度提高, 气候因素影响当季产量的变化, 而耕地养分质量指数 (SNQI) 的时空变化与粮食产量的变化关系最为密切, 且 SNQI 值越高粮食产量年度间变幅越小, 抗风险能力越强。

关键词 耕地养分变化; 质量指数; 粮食生产
中图分类号 S159.5

耕地是不可再生的自然资源, 是人类赖以生存和发展的物质基础, 在耕地数量逐渐减少的今天, 耕地质量就显得十分重要。耕地养分与作物生产能力、粮食安全、生态环境和人类健康密切相关, 是耕地质量变化最基本的表征和核心内容。为此研究耕地养分的时空变化特点对掌握耕地质量至关重要^[1]。本文通过野外调查、采样分析、资料收集, 对仪征市近 30 年耕地养分、粮食生产情况、施肥情况、气象条件等一系列动态变化数据进行研究, 以探讨耕地养分时空变化趋势与粮食生产的关系, 明确耕地养分动态监测在粮食安全生产中的作用, 为未来粮食安全预测预警服务。

1 调查与研究方法

本研究起止年份为 1970~2003 年, 研究数据分 4 个部分: ①原扬州农学院教改小分队 1973 年开展的仪征耕地养分调查 137 个样品分析数据^①; ②1982

年采样 1983 年完成的第二次土壤普查数据以及 1989、1994、2002 年对 1982 年农化样点重复采集的 768 个样品 (2002 年为 198 个样品) 化验分析数据^②; ③1986 年开始建立的长期定位监测点监测数据; ④统计年鉴粮食生产数据以及 1980 年以来肥情调查数据、气象数据等。

为了能全面地探讨耕地养分时空变化与粮食生产的关系, 本文选取有机质、速效 P、速效 K、有效 Zn、有效 B 这 5 个指标构成耕地养分质量的评价因子, 先采用分级计分方法对单因子质量进行评价, 然后采用修正的内梅罗 (Nemoro) 公式^[2]计算耕地养分质量指数, 用耕地养分质量指数来分析耕地养分时空变化趋势与粮食生产的关系。该方法能有效地克服常用的标准差或优劣等级标准可比性差的缺点, 又能突出土壤属性因子中最差因子对土壤质量的影响, 反映作物生长的最小因子定律。各因子的分级标准见表 1。

表 1 耕地养分质量评价因子分级标准
Table 1 Standards for grading of quality evaluation factors of soil fertility

指标	有机质 (g/kg)	速效 P (mg/kg)	速效 K (K ₂ O, mg/kg)	有效 Zn (mg/kg)	有效 B (mg/kg)
好级标准	30.0	20.0	100.0	1.0	0.8
中级标准	20.0	10.0	60.0	0.5	0.5
差级标准	10.0	5.0	30.0	-	0.3

①江苏农学院仪征教改小分队. 摸清土壤底细, 促进农业高产. 1974
②谢潮生等编. 江苏省仪征县土壤志. 仪征县土壤普查办公室印, 1984

修正的内梅罗公式为:

$$SNQI = \frac{n-1}{n} \sqrt{\frac{(\bar{P}_t)^2 + (P_{tmin})^2}{2}}$$

式中 SNQI 为耕地养分质量指数, $\bar{p}_t$ 为样点中单质量指数的均值, p_{tmin} 为各种单质量指数的最小值, n 为参评因子个数。

2 耕地养分单一评价因子近 30 年的变化趋势

耕地有机质含量呈显先降后升的趋势, 1973 ~ 1989 年有机质呈下降趋势, 15 年下降了 6.2%; 1989 ~ 2002 年呈上升趋势, 上升 31 % (图 1)。有机质

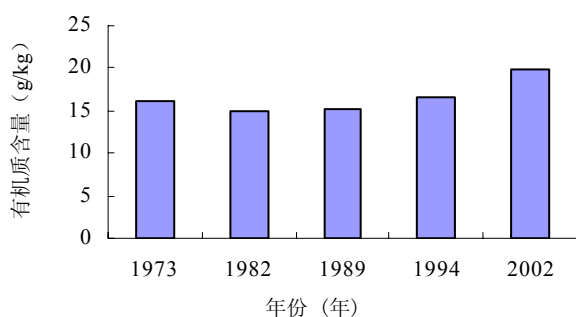


图 1 1973 ~ 2002 年耕地有机质时空变化

Fig. 1 Spatio-temporal variation of organic matter in the farmland

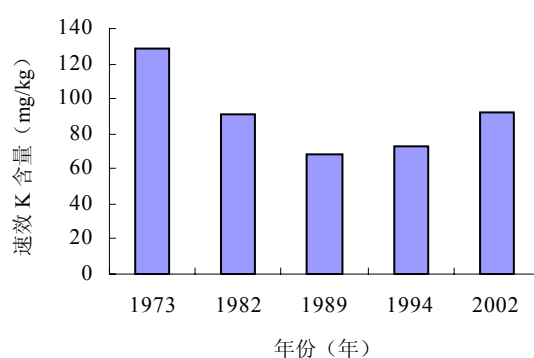
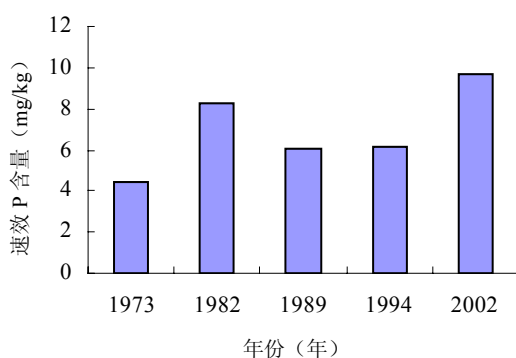


图 2 1973 ~ 2002 年耕地速效 P、K 时空变化

Fig. 2 Spatio-temporal variation of available P and available K in the farmland

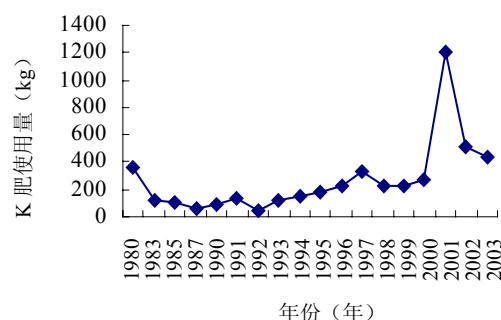
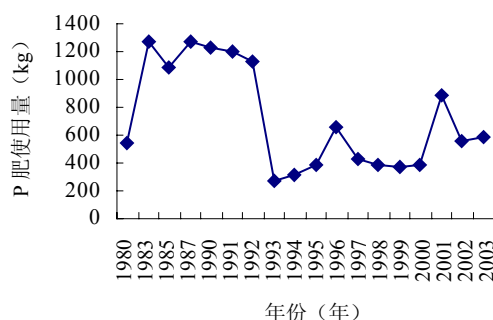


图 3 1980 ~ 2003 年化学 P 肥和 K 肥使用量

Fig. 3 Application rates of P fertilizer and K fertilizer

前 15 年下降主要是由于农田承包到户后, 有机肥积造量大幅度下降, 加之上世纪 80 年代杂交稻大面积推广, 产量大幅度提高, 耕地有机质消耗增大, 有机物质投入量低于消耗量。而 90 年代逐步推广秸秆还田, 特别是 90 年代中后期机械化收割程度提高, 秸秆还田量增大, 有效地补充了耕地有机质, 使有机质含量有所提高。

耕地速效 P 变化呈显先升后降再上升的波浪式上升的趋势; 速效 K 变化呈显先降后升的趋势 (图 2)。P、K 的变化趋势主要和化学肥料的使用量有关 (图 3)。20 世纪 70 年代大量推广使用 P 肥, 1973 ~ 1983 年间, 仪征市年均 P 肥销售量达 1.5 万 t 左右, 耕地中速效 P 含量有较大提高。进入 80 年代 P 肥用量下降, 复合肥开始推广使用, 但用量较少, 且质量参差不齐, 特别是复合肥中 P 含量不平衡性大, 有效养分投入量有所下降。到 90 年代中后期, 高浓度复合肥推广使用, 有效养分用量上升。K 肥的用量从 80 年代开始一直呈逐渐上升趋势, 特别是 90 年代末期上升较快, 加上秸秆还田, K 素投入量增加, 土壤 K 素水平上升幅度较大。

耕地有效 Zn 和有效 B 的变化见图 4, 从图 4 可见, 2002 年和 1982 年比, 有效 Zn 提高, 有效 B 有所下降。有效 B 的下降和仪征市近年来种植业结构调整有关。近年来油菜等喜 B 经济作物种植面积不断

扩大, 土壤中 B 素被作物带走而得不到补充, 造成土壤有效 B 含量下降。有效 Zn 含量提高可能和秸秆还田有关, 近年来秸秆还田面积不断扩大, 归还土壤中的 Zn 数量逐渐增加, 从而提高了土壤有效 Zn 水平。

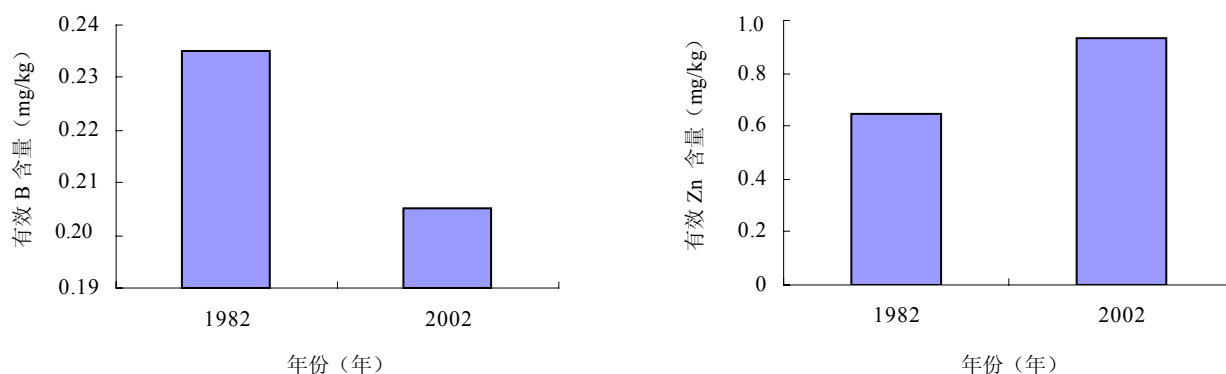


图 4 耕地有效 Zn、有效 B 变化

Fig. 4 Variation of available Zn and available B in the farmland

3 耕地养分质量的时空变化与粮食生产的关系

仪征市 1970 年以来近 30 年粮食生产情况见图 5^{③④}。从图 5 中可以看出, 仪征市稻麦年单产 20 世纪 70 年代一直在低水平下呈波浪式徘徊, 80 年代初有一个突跃, 以后又呈波浪式徘徊, 90 年代初有一个小幅回落, 90 年代中后期一直在较高产量水平上呈波浪式徘徊, 且年度间变化幅度明显较以前大。

通过进一步分析发现, 80 年代初的突跃是由于杂交稻以及扬麦系统小麦等高产品种的推广种植, 产量大幅度上升, 此后, 稻麦品种虽然也更新换代, 但对粮食生产的总体趋势影响不大。再对 80 年代以来气象资料的分析 (图 6), 1980~2000 年这 20 年中降雨量和年平均气温呈相反的变化趋势, 年平均气温逐渐增加, 年降雨量逐渐减少, 虽然有部分年份降雨量偏少造成产量下降, 但气候变化特征和粮食产量的总体趋势似乎不完全吻合。

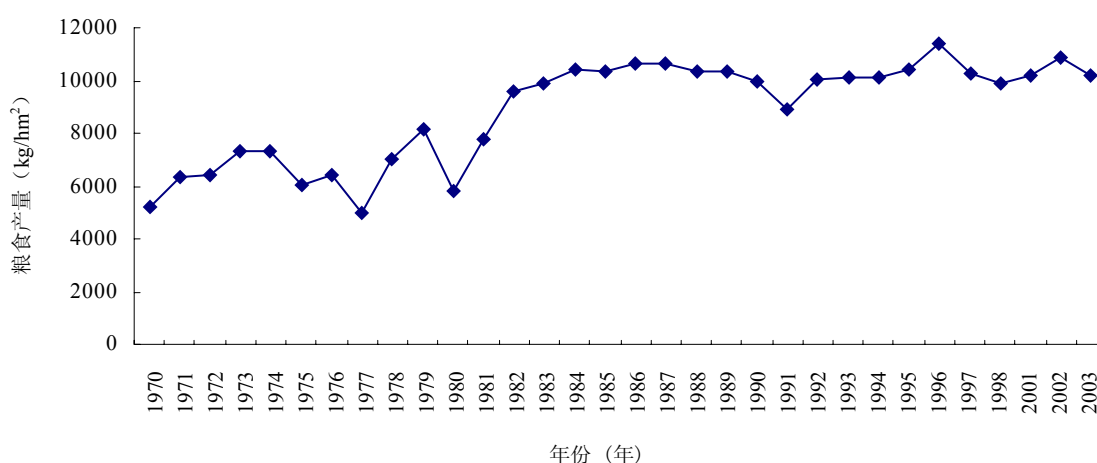


图 5 1970 ~ 2003 年粮食单产变化

Fig. 5 Variation of grain output over the years of 1970 ~ 2003

③江苏省仪征县统计局. 1970 ~ 1999 年仪征县国民经济统计资料, 103 ~ 106

④江苏省仪征市统计局. 2000 ~ 2003 年仪征统计年鉴, 108 ~ 109

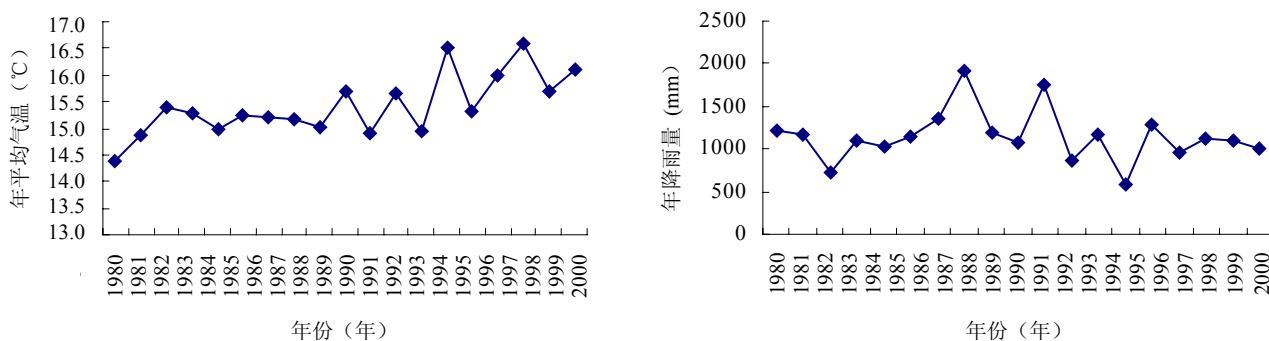


图 6 1980~2000 年降雨量和年平均气温

Fig. 6 Annual precipitation and annual mean temperature over the years of 1980 ~ 2000

通过对耕地养分质量时空变化分析,我们发现(1973~2002 年近 30 年耕地养分质量指数的变化趋势见图 7): 1982 年和 1973 年比,耕地养分质量指数小幅下降,降幅在 3.3%; 1982 年和 1989 年比,养分质量指数有较大幅度下降,降幅在 9.4%;

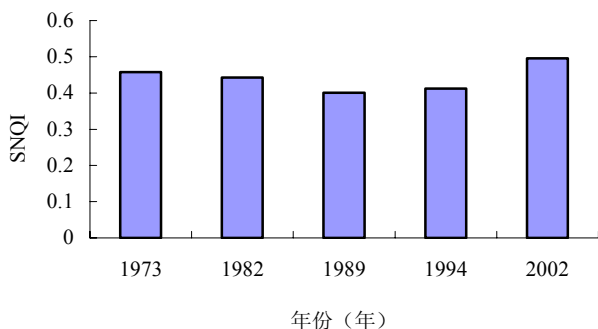


图 7 1973~2002 年耕地养分质量指数时空变化

Fig. 7 Spatio-temporal variation of SNQI over the years of 1973 ~ 2003

1989 年以后逐渐提高,到 2002 年养分质量指数近 0.5。

耕地养分质量指数变化趋势和粮食产量变化趋势基本相吻合。20 世纪 80 年代初由于产量大幅度提高,耕地养分消耗强度增大,此阶段刚刚实行农田承包到户,农民培肥意识淡薄,造成投入产出不平衡,耕地养分亏损严重,地力下降;而耕地养分的降低又抑制了粮食产量的进一步提高,造成 90 年代初粮食产量的小幅回落;随着耕地地力的恢复,养分质量逐步提高,粮食产量又逐渐上升。尽管到 2002 年耕地养分质量指数达到最高,接近 0.5,但离高产稳产的地力标准还有较大差距,不能满足高产水平对地力的要求,这就造成 90 年代后期粮食生产抗风险能力低,年度间产量波动较大,这一结果和长期定位监测结果相吻合。仪征市 4 个不同地力水平水稻土长期定位监测结果表明(表 2),养分质量指数越高的田块,年度间产量变异系数越小。

表 2 耕地地力长期定位监测点 1988~2003 年监测结果

Table 2 Results of the long-term stationary monitoring of soil fertility over the years of 1988 ~ 2003

监测地点	2002 年耕地养分质量指数	常规区年平均产量 (kg/hm ²)	单产标准差 (kg/hm ²)	变异系数 (%)
朴席田圩	0.542	12231.0	1296.0	10.6
谢集山北	0.433	10747.5	1666.1	15.5
铜山枣林	0.441	10917.0	1414.2	12.9
大巷千棵	0.439	11239.5	1319.6	11.7

从表 2 中可以看出,养分质量指数较高的朴席监测点,1985~2003 年 18 年粮食产量年度间变异系数为 10.6%,而养分质量指数较低的谢集点,粮食产量年度间变异系数达 15.51%。

4 结论

(1) 耕地养分质量指数法较其他单因子统计分析方法更能全面、直观地反映耕地养分时空变化趋势。

(2) 从仪征市近 30 年粮食产量变化中, 可以看出粮食产量的变化受多种因素综合作用, 育种理论的历史性突破可以大幅度提高产量, 气象因素可以影响当年产量, 而耕地养分质量变化与产量变化关系最为密切, 可影响产量变化的总体趋势, 是产量变化的根本因子。

(3) 通过对耕地养分质量与粮食产量之间的关系进一步分析发现, 耕地养分质量指数越高, 粮食生产的抗风险能力越强, 年度间产量变幅越小。由

此可见, 加强地力建设对稳定和提高粮食产量具有十分重要的作用。

参考文献

- 1 张庆利, 史学正, 潘贤章, 于东升, 刘付程. 江苏省金坛市土壤肥力的变化特征. 土壤学报, 2004, 41 (4): 315 ~ 319
- 2 陈浮, 濮励杰, 周惠. 近 20 年太湖流域典型区土壤养分时空变化及驱动机理. 土壤学报, 2002, 39 (2): 237 ~ 244

SPATIAL VARIATION OF SOIL NUTRIENTS IN FARMLAND AND ITS RELATIONSHIP WITH GRAIN PRODUCTION IN YIZHENG FOR THE PAST 30 YEARS

WANG Chang-song LIU Gui-fang CHEN Li-ping KONG Xiang-ying
ZHAI Fu-feng YANG Jia-bao WANG Yong-di

(Jiangsu Province Yizheng Soil and Fertilizer Station, Yizheng, Jiangsu 211400)

Abstract Based on the data of the survey and stationary monitoring of soil fertility, grain yields, weather, and fertilizer investigation of the recent 30 years in Yizheng, it was concluded that organic matter showed the pattern of a basin, a sign of balance between input and removal of organic matter in the farmland; available P rose at first, and declined and rose again; available K kept rising gradually, which is related to increase in P and K fertilizer application rate; available Zn showed a rising trend, but available B a reverse trend, which is closely related to readjustment of the planting structure. Over the past 30 years, the grain production in the region showed a curve that went up first, and then down and then up again. As variation of grain production is a reflection of the integration of a variety of influencing factors. Breakthroughs in the breeding technology often lead to big rises of yield, and weather influences crop yield of the season. Spatio-temporal variation of SNQI is the most closely related with variation of grain yield. The higher the ANQI value, the smaller the variation of grain yield between years, and the stronger the capability of resisting risks.

Key words Variation of soil nutrients, SNQI, Grain yields