

孙建召. 基于大数据分析的农产品质量控制研究[J]. 江苏农业科学,2018,46(13):320-324.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.13.074

# 基于大数据分析的农产品质量控制研究

孙建召

(河南经贸职业学院计算机工程学院,河南郑州 450018)

**摘要:**当前控制方法大多通过抽样实现农产品质量控制,结果并不可靠,为此提出一种新的基于大数据分析的农产品质量控制方法。依据农业信息化基础设施,通过模块化开发平台为农产品质量控制体系提供开发环境,利用网络提供质量控制服务,建立大数据分析背景下农产品质量控制体系框架。通过 ZigBee 无线传感网络对数据进行采集,选用网状拓扑结构,利用中继方式把采集数据发送至远程数据中心。在农产品生产阶段、收购阶段、加工阶段和销售阶段,通过检测历史异常数据和数据分布异常对农产品数据进行分析,实现农产品质量监控。通过射频识别技术(radio frequency identification,简称 RFID)对出现质量问题的农产品进行溯源和召回,给出射频识别硬件结构。设计软件时根据出现质量问题的成品批次,从下到上逐步找到出现问题的原料批次,在此基础上,由上到下逐步找出含有相应批次的成品,构建农产品召回优化模型,将其一并召回,从而实现农产品质量控制。结果表明,该方法能够有效地控制农产品质量,且控制精度和稳定性高。

**关键词:**大数据;分析;农产品;质量控制;网状拓扑结构;射频识别技术

**中图分类号:** S126      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1002-1302(2018)13-0320-04

我国为农业与人口大国,近年来,随着我国经济迅猛发展,人们物质及生活水平逐渐提高,对农产品质量的要求越来越高<sup>[1]</sup>。农产品出口为我国外汇收入的关键部分<sup>[2]</sup>,当前国外对农产品进出口贸易保护政策,且我国少部分出口农产品质量标准低,被进口国退货的事件时有发生<sup>[3]</sup>。面对国内外环境,农产品作为食品的源头,其质量直接影响着国家发展,须研究一种有效的农产品质量控制方法,保证市场农产品质量。

当前,我国政府对农产品质量控制非常关注,出台了相应的法律法规,为农产品质量控制分析与应用提供了重要保障<sup>[4]</sup>。在此基础上,很多学者对农产品质量控制进行了系统研究,但当前农产品质量控制方法大多通过抽样实现农产品质量控制,结果并不可靠,为此,提出一种新的基于大数据分析的农产品质量控制方法,不但控制精度和稳定性高,而且具有很高的参考价值。

## 1 基于大数据分析的农产品质量控制方法

### 1.1 建立大数据分析体系框架

建立大数据分析背景下农产品质量控制体系框架(图1)。依据农业信息化基础设施建立体系,通过模块化开发平台为农产品质量控制体系提供开发环境,利用网络提供质量控制服务,主要包括用户访问层、业务服务层、数据平台层、基础数据层和虚拟资源层。

### 1.2 关键技术

1.2.1 数据采集技术 为实现农产品质量控制,须对其生产

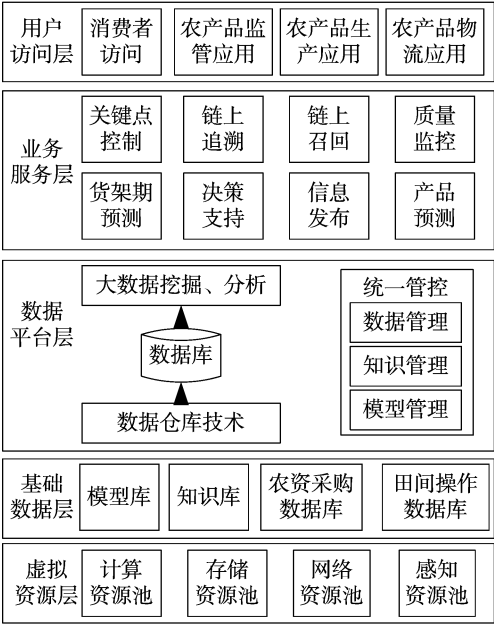


图1 大数据背景下农产品质量控制体系框架

销售过程中的重要参数进行采集,即基础数据库层。无线传感网络能够实时采集数据,选用基于 ZigBee 的无线传感网络对数据进行采集。ZigBee 整体性能高<sup>[5]</sup>,基于 ZigBee 的无线传感网络将 CC2430 作为核心,主要用于数据交换<sup>[6]</sup>。CC2430 为 TI(Texas Instruments)企业生产的芯片,其内置增强型 8051 控制器与 2.8 GHz 扩频射频收发器,外围电路简单,是一种高性能芯片<sup>[7]</sup>。ZigBee 模块除 CC2430 芯片外,还有天线、传感器等,实质上就是一个节点,能够和其他节点通信。

ZigBee 网络拓扑结构即 ZigBee 节点的组网结构,主要有星型、树型与网状等 3 种结构<sup>[8]</sup>,用于实际应用环境中,选择

收稿日期:2018-01-17  
基金项目:河南省科技项目(编号:941202015Y1877)。  
作者简介:孙建召(1981—),男,河南邓州人,硕士,讲师,研究方向为农产品数据分析、计算机网络。E-mail:jzsun1981@126.com。

合理的 ZigBee 网络拓扑结构。

本节农产品质量控制体系选用网状拓扑结构。在 ZigBee 模块中,网状拓扑结构有网络协调器、路由器和终端设备等 3 种通信设备(图 2)。选用的网状拓扑结构自组织与自愈能力强,可以很好地适应农产品大数据分析需求。

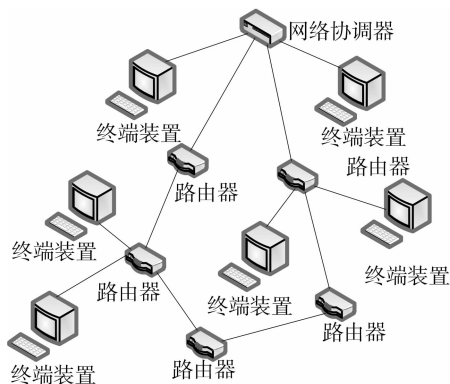


图2 ZigBee 网状拓扑结构

网状拓扑结构的 ZigBee 网络能够有效地采集农产品数据,利用中继方式<sup>[9]</sup>把采集数据发送至远程数据中心。远程数据中心将接收的数据保存至数据库,通过业务服务层与数据平台层进行大数据分析,再保存至 Web 存储器及相应服务器。

1.2.2 农产品质量监控 主要对生产阶段、收购阶段、加工阶段、销售阶段的农产品质量进行监控。将生产阶段、加工阶段的农产品看作主要研究目标,开展有针对性的质量控制监控研究。研究关键为基于大数据分析的农产品质量控制,将大数据分析应用于农产品质量控制中,而本节提出的质量监控方法为大数据分析的基础。农产品质量监控过程如图 3 所示。

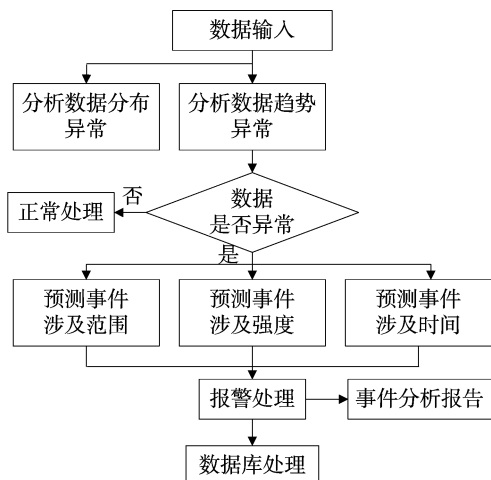


图3 农产品质量监控过程

通过检测历史异常数据和数据分布异常对农产品数据进行分析,实现对农产品质量监控。

在对农产品质量进行监控时,随着时间的推移,会形成大规模监测数据集合。对农产品数据进行研究,获取数据的变化规律与比较数据库当前数据改变规律,得到监控农产品数据改变趋势,从而发现可能出现的农产品质量异常情况。

$$\delta_{ab} = \frac{\sum_{b=1}^m [a_b - \bar{a}(b - \bar{b})]}{\sqrt{\sum_{b=1}^m [(a_b - \bar{a})^2] \sum_{b=1}^m [(b - \bar{b})^2]}} \quad (1)$$

式中: $\delta_{ab}$ 为决定农产品质量控制过程中检测数据历史异常趋势系数,该值的正负情况表示异常状况个数在使用者设定的  $m$  个时间区间中的递增或递减趋势; $a$  为  $m$  个时间区间中发生异常状况的总个数; $a_b$  为第  $b$  个时间区间中出现质量异常的个数,这里:

$$b = \frac{m+1}{2} \quad (2)$$

对于时间区间而言,可依据农产品的种类、特性等因素进行设定<sup>[10]</sup>,通常为几天,有时为几个月。

在分析过程中,农产品质量控制人员根据实际状况对趋势系数  $\delta_{ab}$  的阈值  $\xi$  进行设定,若  $\delta_{ab} > \xi$ ,表明农产品质量控制要素在质量安全上发生异常,并按照事先设定的危险等级进行报警。

根据异常趋势系数  $\delta_{ab}$  能够掌握被监控农产品质量控制点在某一时期内数值的改变情况,是一种依据时间序列的质量控制方法。

数据分布异常主要针对不同区域中的相同要素进行分析和比较,从而获取各区域间不同农产品质量监测方法。

农产品监测数据历史数据库中包含了所有质量数据异常的信息,对历史数据库中异常数据在不同区域的分布状态进行分析,有助于质量监测人员发现各区域已经存在及潜在的农产品质量问题。

详细过程如下:

针对须监控的农产品区域,首先将其分为  $k$  个子区域,用  $q$  描述区域向量,通过  $k$  个子区域构成 1 个集合,也就是  $q = (q_1, q_2, \dots, q_k)$ 。用  $L$  描述相应子区域出现异常的农产品数据集合,也就是  $L = (L_1, L_2, \dots, L_k)$ 。假设  $R$  是从数据库中采集的该区域完成检测的质量控制要素个数,也就是  $R = (R_1, R_2, \dots, R_k)$ ,则有:

$$u_i = \frac{L_i}{R_i} \times \varepsilon \quad (3)$$

区域  $i$  中的农产品质量数据异常情况通过均值可描述成  $u_i, u = (u_1, u_2, \dots, u_k)$ ,  $\varepsilon$  表示常数,负责对  $u$  进行标准化处理,使其处于  $(1, 10)$  范围内<sup>[11]</sup>。

农产品质量监测按照实际情况对阈值  $S$  进行设置,  $S = (S_1, S_2, \dots, S_k)$ , 在  $u_i > S_i$  的情况下,认为  $q_i$  区域有质量异常农产品数据,用户须按情况发出报警信息。

针对上述区域,农产品异常状态数据量均值  $u$  可通过下式计算:

$$\bar{u} = \frac{\sum_{i=1}^k L_i}{\sum_{i=1}^k R_i} \times \varepsilon; \quad (4)$$

$$\Delta u_i = u_i - \bar{u} \quad (5)$$

区域  $i$  和整个地区间的偏差用  $\Delta u_i$  进行描述,农产品质量检测按实际情况确定阈值,若偏差值较大,则令  $\Delta u_i > \xi$ ,也就是该区域和整个地区相比,农产品质量异常数据量显著,须发出警报。用  $F(u) = E[(u_i - \bar{u})^2]$  描述不同区域出现农产品异常数据量和整个地区之间的离散程度,  $F(u)$  值越大,认

为不同区域异常出现的数据量差值越大。

### 1.3 农产品溯源及召回

#### 1.3.1 射频识别 (radio frequency identification, 简称 RFID)

硬件设计 通过射频识别对出现质量问题的农产品进行溯源和召回, 射频识别系统结构如图 4 所示。

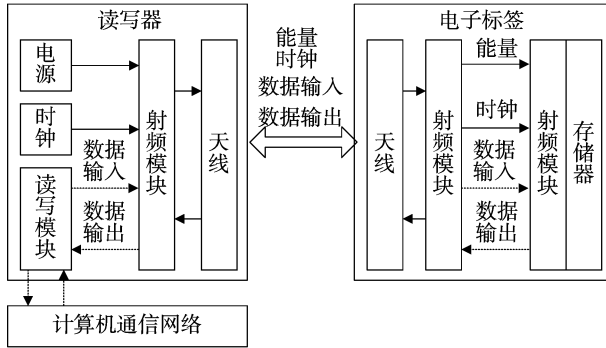


图4 射频识别系统结构

射频识别系统主要包括电子标签、读写器和计算机通信网络。

电子标签主要用于保存农产品相关信息, 一般被置于农产品上, 其保存的信息可利用读写器通过非接触形式读写<sup>[12]</sup>。读写器为能够通过射频技术实现电子标签信息读写操作的装置。读写器读出标签信息后, 利用 PC 机和网络系统对信息进行传输。在射频识别系统中, 计算机通信网络主要负责完成对农产品质量数据的管理, 实现通信功能。读写器能够经标准接口和 PC 机通信网络相连<sup>[13]</sup>, 从而达到通信与数据传输的目的。

1.3.2 软件设计 当农产品出现质量问题时, 先根据出现质量问题的成品批次, 从下到上逐步找到出现问题的原料批次, 即溯源; 再根据这些出现质量问题的原料批次, 由上到下逐步找出含此批次的成品, 即跟踪; 最后将它们一并召回。依据批次的农产品召回示意如图 5 所示。

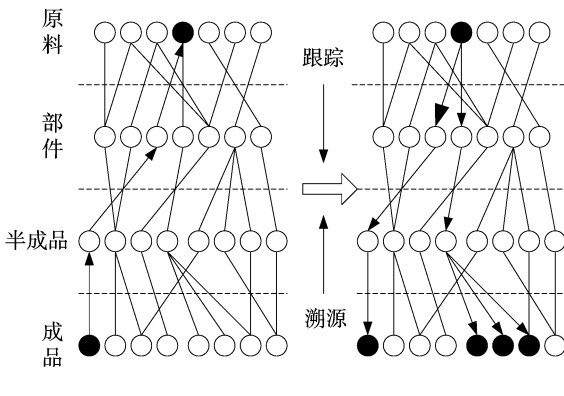


图5 农产品召回示意

上面主要阐述了依据批次的农产品溯源与召回原理, 下面对其优化模型进行介绍。先对各层次批次集合进行定义, 主要包括原料  $C$  个批次、部件  $P$  个批次、半成品  $G$  个批次以及成品  $V$  个批次, 且可依次分成  $D$ 、 $N$ 、 $H$ 、 $Z$  个类别, 依次对原料层次  $YL$ 、部件层次  $BJ$ 、半成品层次  $HP$  以及成品层次  $CP$  的批次集合进行描述, 公式描述如下:

$$YL = (YL_1, \dots, YL_c, \dots, YL_C); \quad (6)$$

$$BJ = (BJ_1, \dots, BJ_p, \dots, BJ_P); \quad (7)$$

$$HP = (HP_1, \dots, HP_g, \dots, HP_G); \quad (8)$$

$$CP = (CP_1, \dots, CP_v, \dots, CP_V)。 \quad (9)$$

各层中任意一个批次的属性可描述为:

$$YL_c = (I_{YL_c}, C_{YL_c}, N_{YL_c}); \quad (10)$$

$$BJ_p = (I_{BJ_p}, C_{BJ_p}, N_{BJ_p}); \quad (11)$$

$$HP_g = (I_{HP_g}, C_{HP_g}, N_{HP_g}); \quad (12)$$

$$CP_v = (I_{CP_v}, C_{CP_v}, N_{CP_v})。 \quad (13)$$

在各层中, 各批次农场品均存在电子标签, 类别以及数目等 3 大属性。对于原料批次  $YL_c$  的属性,  $I_{YL_c}$  表示其电子标签, 为此批次在整个系统中的唯一标志;  $C_{YL_c}$  表示它的类别, 且  $C_{YL_c} \in \{1, \dots, d, \dots, D\}$ ;  $N_{YL_c}$  表示它的数量。同理, 可实现部件、半成品以及成品各批次属性的定义, 其批次电子标签属性依次是  $I_{BJ}$ 、 $I_{HP}$ 、 $I_{CP}$ , 类别属性依次是  $C_{BJ}$ 、 $C_{HP}$ 、 $C_{CP}$ , 数目属性依次是  $N_{BJ}$ 、 $N_{HP}$ 、 $N_{CP}$ 。

分解、组合和包装比例只受批次类别属性的影响, 存在下述关系:

$$\sum_n^N D_{ec}(d, n) = 1 \quad \forall d \in (1, 2, \dots, D); \quad (14)$$

$$\sum_n^N G_{no}(n, h) = 1 \quad \forall h \in (1, 2, \dots, H); \quad (15)$$

$$\sum_h^H P_{ac}(h, z) = 1 \quad \forall z \in (1, 2, \dots, Z)。 \quad (16)$$

式中:  $D_{ec}(d, n)$  用于描述分解比例, 也就是原材料类别  $d$  分解至部件类别  $n$  的比例;  $G_{no}(n, h)$  用于描述组合比例, 也就是半成品类别  $h$  中, 部件类别  $n$  占用的比例;  $P_{ac}(h, z)$  用于描述包装比例, 也就是成品类别  $z$  中, 半成品类别  $h$  占用的比例。

用  $X(c, p)$  描述原料至部件的批次布尔变量,  $BJ_p$  中含  $YL_c$  的元素时, 则  $X(c, p)$  为 1, 否则  $X(c, p)$  为 0; 用  $K(p, g)$  描述部件至半成品的批次布尔变量, 若  $HP_g$  中含有  $BJ_p$  元素, 则  $K(p, g)$  为 1, 否则  $K(p, g)$  为 0; 用  $Y(g, v)$  描述半成品至成品的批次布尔变量, 若  $CP_v$  中存在  $HP_g$  元素, 则  $Y(g, v)$  为 1, 否则  $Y(g, v)$  为 0; 用  $W(c, v)$  描述原料至成品的批次布尔变量, 若  $CP_v$  中含有  $YL_c$  元素, 则  $W(c, v)$  为 1, 否则  $W(c, v)$  为 0。通过布尔运算可得:

$$W(c, v) = \bigcup_{g=1}^G \bigcap_{p=1}^P [X(c, p) \cap K(p, g) \cap Y(g, v)]。 \quad (17)$$

一旦原料批次  $YL_c$  出现质量不达标问题, 对全部含有  $YL_c$  的成品批次均召回。通过下式求出平均召回规模:

$$R_s = \sum_{c=1}^C \sum_{v=1}^V [W(c, v) \times N_{CP_v}] / c。 \quad (18)$$

在生产和加工的过程中, 受加工器械、工作场景以及人员水平的制约<sup>[14]</sup>, 考虑到经济效益, 须将部件与半成品批次的数量控制在某一范围。设类别为  $n$  的部件批次的最大与最小允许数量依次为  $\xi_{\max}(n)$  与  $\xi_{\min}(n)$ , 类别为  $h$  的半成品批次的最大与最小允许数量依次为  $\xi_{\max}(h)$  与  $\xi_{\min}(h)$ 。由此可得部件与半成品的批次数量的限制条件<sup>[15]</sup>, 即:

$$\xi_{\min}(C_{YL_c}) \leq N_{YL_c} \leq \xi_{\max}(C_{YL_c}); \quad (19)$$

$$\xi_{\min}(C_{HP_g}) \leq N_{HP_g} \leq \xi_{\max}(C_{HP_g})。 \quad (20)$$

将公式 (18) 作为目标函数, 将公式 (19) 与 (20) 作为目标函数的约束条件, 构建农产品召回优化模型, 公式描述如下:

$$J = \min \sum_{c=1}^C \sum_{v=1}^V [W(c, v) \times N_{CP_v}] / c。 \quad (21)$$

利用粒子群法对模型进行寻优处理,通过优化模型达到农产品的最小召回目标,从而实现农产品质量控制。

## 2 结果与分析

### 2.1 样品采集及制备

为了验证本方法的有效性,将统计学方法和数据挖掘方法作为对比进行测试。依次采用 3 种方法对 3 个不同种植基地的农产品质量进行控制。试验样品采用抽样方式,针对个体较大的样品,采样量为 2 个。针对个体较小的样品,采样量为 0.5 kg。

把抽取的样品混合在一起,通过四分法进行缩分处理。针对个体较小的样品,去除不可食部分,保留可食部分;针对个体较大的样品,将其切为小块;针对不均匀样品,在其任意部位取小片;针对谷类和豆类样品,通过圆锥四分法完成缩分。

把缩分后样品搅碎并混匀,通过四分法取样,将湿样匀浆添加至聚乙烯瓶中,在  $-18^{\circ}\text{C}$  左右环境下储存,干货类搅匀后添加至瓶中,在常温下通风储存。

### 2.2 召回试验

以农药残留为标准,将有农药残留农产品召回,不同浓度农药残留对召回率的要求以及 3 种方法召回率比较结果如表 1 所示。

表 1 不同添加浓度要求召回率及 3 种方法召回率比较

农药残留浓度(mg/kg)	要求召回率(%)	本研究方法召回率(%)	统计学方法召回率(%)	数据挖掘方法召回率(%)
>1.000	80~120	116.22	76.25	80.09
(0.100,1.000]	80~120	112.90	72.13	79.26
(0.010,0.100]	80~120	108.32	75.20	62.10
(0.001,0.010]	50~110	96.28	42.59	56.21
≤0.001	50~110	92.15	32.09	35.12

由表 1 可知,本研究方法召回率一直处于要求召回率范围内,且在农药残留浓度相同的情况下,本研究方法召回率高于统计学方法和数据挖掘方法。统计学方法和数据挖掘方法召回率大部分未处于要求召回率范围内,召回率低,说明本研究方法质量控制效果更佳。

### 2.3 农产品质量控制性能评价

农产品质量控制性能评价包括计算工作评价价值与技术评定 2 部分,本研究通过稳健  $Z$  比分数对农产品质量控制性能进行衡量,其可通过下式求出:

$$Z_{bf} = (x - X) \div 0.752 \times 3I_{QR} \quad (22)$$

式中: $x$  表示试验结果; $X$  表示试验结果中值; $I_{QR}$  表示上四分位数和下四分位数差值。

在稳健  $Z$  比分数低于 2 的情况下,认为相应农产品质量控制方法性能高,控制稳定;在稳健  $Z$  比分数在 (2,3) 范围内的情况下,认为相应农产品质量控制方法稳定性一般;在稳健  $Z$  比分数高于 3 的情况下,认为相应农产品质量控制方法非常不稳定。由表 2 可知,本研究方法质量控制稳定性高,而统计学方法和数据挖掘方法的稳定性均一般,控制精度时高时低,实用性较差。

农产品质量控制精度为影响农产品质量控制方法性能的关键指标,对 3 种方法的农产品质量控制精度进行进一步测试。

表 2 3 种方法质量控制性能比较

指标	本研究方法	统计学方法	数据挖掘方法
稳健 $Z$ 比分数	0.36	2.51	2.92

通过重复性限和再现性限对农产品质量控制精度进行衡量。在正态分布的情况下,重复性限公式为:

$$\zeta = 2.01\sqrt{2}\delta_r \quad (23)$$

再现性限公式为:

$$\zeta = 2.01\sqrt{2}\delta_s \quad (24)$$

式中: $\delta_r$  表示重复性标准差; $\delta_s$  表示再现性标准差。

将本研究方法、统计学方法和数据挖掘方法检测结果极差的绝对值和重复性限相比,若极差绝对值低于重复性限,则认为通过质量检测;否则未通过质量检测。再现性试验和重复性相同。按照上述过程对不同方法对农产品质量控制精度进行测试,取平均值。经测试发现,本研究方法控制精度为 96.23%,统计学方法控制精度为 78.36%,数据挖掘方法控制精度为 69.85%,本研究方法控制精度最高。

## 3 结论

提出了一种新的基于大数据分析的农产品质量控制方法,建立大数据分析背景下农产品质量控制体系框架,通过基于 ZigBee 的无线传感网络对数据进行采集。通过检测历史异常数据和数据分布异常对农产品数据进行分析,实现农产品质量监控,利用 RFID 射频识别对出现质量问题的农产品进行溯源和召回,从而实现农产品质量控制。经试验验证,本研究所提方法能够有效控制农产品质量,控制精度和稳定性高。

## 参考文献:

- [1] 许世卫. 农业大数据与农产品监测预警[J]. 中国农业科技导报, 2014, 16(5): 14-20.
- [2] 陈 谊, 刘 莹, 田 帅, 等. 食品安全大数据可视分析方法研究[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2017, 29(1): 8-16.
- [3] 车明诚, 刘 畅. 农业龙头企业农产品质量控制评价体系的研究[J]. 中国农学通报, 2014, 30(8): 75-81.
- [4] 刘 念, 王 枫. 基于大数据的农产品质量安全追溯平台建设研究[J]. 科技创新导报, 2017, 14(3): 104, 106.
- [5] 陈红倩, 方 艺, 杨倩玉, 等. 一种针对农残检测数据的时序分组可视化方法[J]. 系统仿真学报, 2016, 28(10): 2510-2518, 2526.
- [6] 高志鹏, 牛 琨, 刘 杰. 面向大数据的分析技术[J]. 北京邮电大学学报, 2015, 38(3): 1-12.
- [7] Sancho J, Iglesias C, Piñeiro J, et al. Study of water quality in a Spanish river based on statistical process control and functional data analysis[J]. Mathematical Geosciences, 2016, 48(2): 163-186.
- [8] 莫祖英. 大数据处理流程中的数据质量影响分析[J]. 现代情报, 2017, 37(3): 69-72, 115.
- [9] 黎建辉, 杨风雷, 崔建业, 等. 全球食品安全信息监控与分析云平台架构研究[J]. 计算机应用研究, 2014, 31(8): 2361-2366, 2379.
- [10] Fang Z G, Ye W, Cheng Y B, et al. Study on quality risk control of large-scale complex equipment based on a 'Game-Fishbone diagram' model[J]. Journal of Grey System, 2015, 27(2): 27-37.

沈贵银. 创新驱动推进江苏农业供给侧结构性改革的探讨[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(13): 324-327.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.13.075

# 创新驱动推进江苏农业供给侧结构性改革的探讨

沈贵银

(江苏省农业科学院农业经济与发展研究所/江苏省农业科技创新决策咨询基地, 江苏南京 210014)

**摘要:**提出制度创新、科技创新为核心的要素供给优化以及农产品需求的变化与升级构成了农业供给侧结构性改革的动力机制。推进农业供给侧结构性改革的路径:一是紧紧围绕我省农业供给侧结构性改革的重点任务,实施全面创新;二是加快支撑平台与创新载体建设,促进科技成果转化落地;三是培育壮大科技创新主体,调动科技人员积极性。一是明确不同主体的定位与作用;四是营造良好创新生态,完善支持创新政策。

**关键词:**创新驱动;农业供给侧;改革路径;江苏省

**中图分类号:** F321 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)13-0324-04

当前,我国农业农村发展的内外部条件和环境发生深刻变化,农产品供求结构失衡、要素配置不尽合理、资源环境约束趋紧问题突出,经济下行压力仍然较大,财政收入增幅下降,农民收入增速放缓,农业农村发展面临严峻挑战<sup>[1-2]</sup>。全面小康关键是农村小康,四化同步关键是补齐农业现代化的短板。2017年中央1号文件提出“必须坚持新发展理念,以推进农业供给侧结构性改革为主线,培育农业发展新动能”,将把创新摆在发展全局的核心位置,贯穿于农业农村发展的各领域、全过程,着力形成以创新为引领的农业产业发展体系与发展方式,依靠科技打造发展新引擎,实现创新驱动、内生增长,促进农业质量效益和竞争力不断提升。推动农业发展由依靠物质要素投入驱动向依靠科技进步驱动转变,促进农业提质增效,向可持续发展转变。

## 1 创新驱动是农业供给侧结构性改革的根本动力

历史表明,任何一个国家的长期持续经济增长动力均来自于供给端的革命性突破<sup>[3]</sup>。“斯密增长”认为人类社会经济增长的动力有赖于劳动分工和专业化所带来的劳动生产率的提高以及市场的深化和扩展,从而推动经济增长。“库兹涅茨增长”强调经济增长主要依赖于人口、资源等要素投入的增加,生产效率的增长率,以及经济结构从农业生产占主导地位向制造业和服务业占主导地位转变。而“熊彼特增长”则强调经济增长主要依靠制度创新和技术创新<sup>[4]</sup>。

从江苏省农业现代化发展的历程看,首先得益于劳动分

工与专业化生产。家庭联产承包责任制的全面推行,释放了农村生产力,随着农村劳动力的转移就业进程加快,农业生产经营规模水平显著提高,而农业社会化服务的兴起,又为农业实现专业化分工奠定的坚实基础。其次,随着资本、科技等现代生产要素投入农业持续增加,再加上国家对农业生产持续实施政策扶持,显著提高了农业投入产出效率。目前江苏省农业综合机械化水平已经达到80%以上,科技进步对农业增长的贡献也达到了67%,为确保江苏省重要农产品有效供给、增加农民收入、发展农村经济奠定了坚实基础。

当前江苏省农业发展面临资源环境双重约束、成本与国际价格的双重挤压,要实现农业持续健康发展、农民持续增收与生态环境的持续改善三重目标,必须大力推进农业供给侧结构性改革,在化解供给侧结构性矛盾上着力。核心是围绕市场需求进行生产,扩大有效供给,增加供给结构的适应性和灵活性;围绕提高全要素生产率,优化资源配置,增加农业产出效益,促进农民增收;依据资源环境承载能力,转变发展方式,合理布局主要农产品产能。真正形成契合消费需求,更有效率、更有效益、更可持续的农产品供给体系<sup>[5]</sup>。

加快实施创新驱动战略,培育农业发展新动能,是推进农业供给侧结构性改革的根本动力。要在“深化农业分工与专业化合作,推进各类形式适度规模经营”<sup>[6]</sup>,加大投入,提高物质装备水平基础上,突出制度创新与科技创新,增强农业发展的内生动力,推动农业发展由依靠物质要素投入驱动向依靠科技进步驱动转变,促进农业提质增效,向可持续发展转变。

## 2 着力构建农业供给侧结构性改革的动力机制

随着我国经济进入新常态,经济增速逐渐从以往的高速

收稿日期:2018-04-03

基金项目:江苏省软科学项目(编号:BR2017073)。

作者简介:沈贵银(1963—),男,浙江嵊州人,研究员,博士生导师,主要从事农业经济理论与政策研究。E-mail:shengy@caas.cn。

[11]王 坤,白红武,王富国,等. 基于SaaS模式的江苏省农产品质量安全追溯管理系统研究[J]. 江苏农业科学, 2014, 42(12): 414-418.

[12]张社梅,毛小报,柯福艳. 区域农产品质量安全管理制度探索——基于桐庐县蜂产品质量安全示范区的调查[J]. 中国食物与营养, 2014, 20(4): 5-9.

[13]金海水,刘永胜. 食用农产品供应链风险识别及其安全监管管理研究进展[J]. 食品科学, 2015, 36(13): 265-271.

[14]张 蓓. 农产品生产加工企业质量安全控制行为研究[J]. 商业研究, 2015, 57(3): 147-153.

[15]刘 刚,张晓林. 基于农民合作社的农产品质量安全治理研究[J]. 农业现代化研究, 2014, 35(6): 710-714.