

## 西安市农业有机废弃物转化为农用氮素供需平衡分析

常小箭<sup>1</sup>, 李方向<sup>1</sup>, 王涛<sup>1</sup>, 王晨光<sup>2</sup>, 陈妮<sup>3</sup>, 李强<sup>1</sup>, 耿腾飞<sup>1</sup>, 刘喆<sup>1</sup> (1. 西安市农业技术推广中心, 陕西西安 710061; 2. 陕西省耕地质量与农业环境保护工作站, 陕西西安 710003; 3. 陕西省农业培训中心, 陕西西安 710000)

**摘要** 以西安市主要涉农区县为研究对象, 通过文献资料查询及实地调研, 对西安市农业有机废弃物的氮素供需平衡进行了研究分析。首先, 计算了主要涉农区县农作物秸秆、瓜果藤蔓、畜禽粪便的氮素转化量。其次, 根据土壤理化性质及农作物种植面积, 估算了主要涉农区县农作物的氮素养分需求量。结合计算结果分析了西安市主要涉农区县农业废弃物转化为农用氮素养分的供需平衡关系。结果表明: 2021年西安市涉农区县主要农作物种植需要44 414.75 t氮素养分, 农业有机废弃物转化氮素养分的总供应量为28 560.12 t, 其中农作物秸秆、瓜果藤蔓转化氮素养分23 155.00 t, 占供应量的81.07%, 畜禽粪便转化为氮素养分5 405.15 t, 占供应量的18.93%, 氮素养分供需比为1.56, 即供不应求, 因此应该充分利用农业有机废弃物的氮素转化, 并配合施用化肥及有机肥满足作物生长养分需求。

**关键词** 农业有机废弃物; 供需平衡; 氮素养分; 西安

**中图分类号** S21 **文献标识码** A

**文章编号** 0517-6611(2023)11-0178-04

**doi**: 10.3969/j.issn.0517-6611.2023.11.043



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

**Analysis of Supply and Demand Balance of Agricultural Organic Waste Converted into Agricultural Nitrogen in Xi'an**  
CHANG Xiao-jian, LI Fang-xiang, WANG Tao et al (Xi'an Agricultural Technology Extension Center, Xi'an, Shaanxi 710061)

**Abstract** In this article, the nitrogen supply and demand balance of agricultural organic waste in Xi'an was studied and analyzed through literature search and field research, taking the main agriculture-related districts and counties in Xi'an as the research target. Firstly, the nitrogen conversion amounts of crop straw, fruit and vine, and livestock manure in the main agriculture-related districts and counties were calculated. Secondly, the nitrogen nutrient demand of crops in major agriculture-related districts and counties was estimated based on soil physical and chemical properties and crop cultivation area. Combined with the calculation results, the supply-demand balance of agricultural wastes converted into agricultural nitrogen nutrients in the main agriculture-related districts and counties of Xi'an was analyzed. The research results showed that 44 414.75 tons of nitrogen nutrients were required for the cultivation of major crops in the agriculture-related districts and counties of Xi'an in 2021, and the total supply of nitrogen nutrients converted from agricultural organic waste was 28 560.12 tons, among which 23 155.00 tons of nitrogen nutrients were converted from crop straws, fruits and vines, accounting for 81.07% of the supply, and 5 405.15 million tons of nitrogen nutrients were converted from livestock and poultry manure, accounting for 18.93% of the supply, and the nitrogen nutrient The supply-demand ratio was 1.56, both supply and demand exceeded supply, so we should make full use of the nitrogen conversion of agricultural organic waste and apply chemical fertilizers and organic fertilizers together.

**Key words** Agricultural organic waste; Supply-demand balance; Nitrogen nutrients; Xi'an

随着经济的快速发展, 化肥、农药的大量施用等导致农业面源污染严重, 农产品问题层出不穷, 人们对生态、绿色农产品的需求越来越大, 对循环农业的关注度也越来越高。农业有机废弃物的资源化利用是实现生态循环农业的重要举措之一<sup>[1]</sup>。农作物秸秆、蔬菜尾菜、畜禽粪便等含有较多养分, 具有较大资源利用潜力, 但由于收集、回收、利用体系尚不完善, 目前西安市农业有机废弃物的利用也不充分, 尚未实现高效利用<sup>[2-3]</sup>。农作物秸秆、畜禽粪便是农业有机废弃物的主要来源, 也是回收的重点。已经有很多学者研究探讨了不同农业废弃物的回收方法及综合利用技术<sup>[4-6]</sup>。目前, 畜禽粪便主要通过堆肥和沼气发酵进行利用, 该技术对环境影响较小<sup>[7]</sup>。但随着我国经济的快速增长, 农村地区有机废弃物人均排放量持续增加, 且高于其他发展中国家<sup>[8]</sup>, 这对农村人居环境造成了极大影响, 严重影响农村人居环境的可持续发展。

西安市拥有丰富的农作物秸秆来源, 2015年主要农作物秸秆资源量达到211.93万t, 可收集资源量达到175.95万t<sup>[2]</sup>。2017年西安市蔬菜秸秆理论资源量达31.63万t<sup>[3]</sup>。然而, 这些农作物秸秆并未得到充分的利用, 许多随意丢弃

在路边或者焚烧。同时, 西安畜牧业的蓬勃发展也带来了大量粪便, 据估算, 西安市畜禽粪便量达到96.71万t, 这些粪便大部分未经分解直接施用到农田, 不仅危害农作物, 而且对地表水和地下水造成了污染, 成为西安农业生态环境的主要污染源。

在这种情况下, 研究农作物生长的氮素需求量及农作物秸秆、畜禽粪便的氮素供应量, 分析西安市不同区域氮素供需平衡, 促进农业有机废弃物的回收利用, 能够有效实现农业生产系统中物质转化和能量的循环, 对促进西安地区农村环境保护及发展循环农业具有重要的理论指导意义。

## 1 研究方法

**1.1 数据来源** 数据来源于《2021年西安市统计年鉴》中各区、县主要农作物数据及畜禽存栏数量。

**1.2 研究内容** 主要研究西安市主要涉农区域灞桥、未央、阎良、临潼、长安、高陵、鄠邑、蓝田、周至、西咸主要农作物秸秆及畜禽粪便中氮素养分含量。结合研究地区的土壤理化性质、农作物生长对氮素的需求量, 对各区域的氮素供需平衡进行了定量分析, 为农业有机废弃物的循环利用提供科学参考。

**1.3 系数说明** 不同农作物的氮素需求量、秸秆回收系数及氮素养分含量参考 Aramaki 等<sup>[9]</sup> 研究结果, 小麦、玉米、蔬菜、瓜果的氮素需求量分别为 0.074、0.113、0.250、

**作者简介** 常小箭(1985—), 女, 陕西榆林人, 农艺师, 硕士, 从事西安市农业废弃物资源化利用及生态循环农业研究。

**收稿日期** 2022-11-08

0.220 t/hm<sup>2</sup> 其秸秆系数和氮素养分含量见表 1。畜禽粪便排泄系数及氮素养分含量参考 Zhou 等<sup>[10]</sup> 的研究结果(表 2)。

表 1 不同农作物的秸秆系数及氮素养分含量

Table 1 Straw coefficient and nitrogen nutrient content of different crops

作物 Crop	秸秆系数 Straw coefficient	氮素养分含量 Nutrient content//%
小麦 Wheat	1.200	0.650
玉米 Corn	1.340	0.920
蔬菜 Vegetable	0.071	2.605
瓜果 Melons and fruits	0.112	3.653

## 2 计算方法

**2.1 需求计算** 各区县氮素养分需求量  $Q_{ij}$  的计算方法是每种作物的种植面积  $R_{ij}$  与每种作物对氮素养分的参考需求量  $S_{ij}$  的乘积,计算公式如下:

$$Q_{ij} = R_{ij} \times S_{ij} \quad (1)$$

其中,  $Q_{ij}$  是农作物种植对氮素的养分需求量 ( $\times 10^3$  t/a);  $R_{ij}$  是各区县每种作物的种植面积 ( $\times 10^3$  hm<sup>2</sup>/a);  $S_{ij}$  是每种作物对氮素养分的参考需求量 (t/hm<sup>2</sup>);  $j$  为作物序号;  $i$  为各区县序号。

## 2.2 供应计算

**2.2.1 农作物氮素养分供应量。** 农作物秸秆氮素养分含量分两步计算,首先计算出各区县农作物秸秆理论资源量即农作物秸秆产量  $W_{ij}$ ,再将秸秆产量  $W_{ij}$  与秸秆中的氮素养分  $N_{ij}$  含量相乘。计算公式如下:

$$W_{ij} = \Sigma (H_{ij} \times B_{ij}) \quad (2)$$

式中,  $W_{ij}$  为各区县农作物秸秆产量 ( $\times 10^3$  t);  $H_{ij}$  为作物产量 ( $\times 10^3$  t);  $B_{ij}$  为每种作物的秸秆系数比;  $j$  为作物序号;  $i$  是各区县序号。

每种作物的氮素养分含量  $C_{ij}$  计算方法是将作物的秸秆量  $W_{ij}$  与作物氮含量百分比  $N_{ij}$  相乘。计算公式如下:

$$C_{ij} = W_{ij} \times N_{ij} \quad (3)$$

式中,  $C_{ij}$  为每种作物的氮素养分含量 ( $\times 10^3$  t);  $W_{ij}$  是每种作物的秸秆量 ( $\times 10^3$  t);  $N_{ij}$  为不同作物氮含量百分数 (%);  $j$  为作物序号;  $i$  是各区县序号。

**2.2.2 畜禽粪便的氮素养分供应量。** 畜禽粪便的氮素养分含量也分两步计算。首先,每个畜禽粪便的数量  $F_{ij}$  的计算方法是将每个畜禽粪便的数量  $Y_{ij}$  与该畜禽的日排泄系数  $E_{ij}$  相乘,再乘以该畜禽的饲养期  $T_{ij}$ ,计算公式如下:

$$F_{ij} = \Sigma (Y_{ij} \times E_{ij} \times T_{ij}) \quad (4)$$

式中,  $F_{ij}$  是每种畜禽的产粪量 ( $\times 10^3$  t);  $Y_{ij}$  是每种畜禽的存栏量 (个);  $E_{ij}$  是不同畜禽的日排泄系数;  $T_{ij}$  是每个畜禽的饲养周期;  $j$  是不同畜禽的序号;  $i$  是不同区域的序列号。

每个畜禽粪便的氮素养分含量  $B_{ij}$  计算方法是将每个畜禽粪便的数量  $F_{ij}$  与该畜禽粪便中氮的百分比  $M_{ij}$  相乘,计算公式如下:

$$B_{ij} = F_{ij} \times M_{ij} \quad (5)$$

式中,  $B_{ij}$  是不同畜禽粪便的氮素养分含量 ( $\times 10^3$  t);  $F_{ij}$  是不同畜禽粪便的产量 ( $\times 10^3$  t);  $M_{ij}$  是不同畜禽粪便的氮素百分比 (%);  $j$  是畜禽粪便种类序列号;  $i$  是研究区域的序列号。不同畜禽的排泄系数及氮素养分含量见表 2。

表 2 不同畜禽的日排泄系数及氮素养分含量

Table 2 Daily excretion coefficient and nitrogen nutrient content of different livestock and poultry

畜禽类型 Types of livestock and poultry	日排泄系数 Daily discharge coefficient/kg/d	氮素养分含量 Nitrogen nutrient content//%
肉牛 Beef cattle	18.00	0.38
奶牛 Cow	45.50	0.38
种猪 Breeding pig	3.30	0.55
市场猪 Market pig	2.10	0.55
羊 Sheep	2.10	1.01
家禽 Poultry	0.13	1.03

**2.2.3 氮素养分供应。** 各区县的氮素养分供应量  $T_{ij}$  是各区县不同农作物秸秆及畜禽粪便氮素养分含量相乘得出。计算公式如下

$$T_{ij} = C_{ij} \times B_{ij} \quad (6)$$

式中,  $T_{ij}$  是各区县氮素的养分供应量 ( $\times 10^3$  t);  $C_{ij}$  是每个作物秸秆中的氮素养分含量 ( $\times 10^3$  t);  $B_{ij}$  是每个畜禽的氮素养分含量 ( $\times 10^3$  t);  $j$  是农业有机废弃物的序列号;  $i$  是各区县的序列号。

## 3 结果与分析

**3.1 农作物氮素养分需求量** 根据计算公式(1)得出西安市各区县不同农作物生长氮素需求量,由表 3 可知,全市主要农作物生长的氮素需求总量为 44 414.75 t,蔬菜的氮素需求量最大,达 18 240.00 t,占比 41.07%;瓜果的氮素需求量最小,仅 2 107.62 t,占比 4.74%;玉米、小麦的氮素需求量分别为 13 274.48 和 10 792.65 t,占比分别为 29.89%、24.30%;这与不同农作物种植面积及蔬菜高氮素需求量有直接关系。

从各区域的氮素需求量可以看出,临潼区对氮素养分的需求量最大,达到 8 892.11 t,占全市氮素需求量的 20.02%,这与临潼区是粮食主产区,种植面积大呈正相关;未央区的氮素需求量最小,仅 107.06 t,占全市氮素需求量的 0.24%,这是由于西安市行政区域划分,未央区慢慢退出涉农区县,农作物种植面积较少。

**3.2 农作物秸秆氮素供应量** 根据计算公式(2)、(3)得出西安市农作物秸秆的氮素供应量,结果见表 4。由表 4 可知,全市主要农作物秸秆的氮素供应总量为 23 155.00 t,其中玉米的氮素供应量最大,达 8 459.47 t,占比 36.53%;瓜果的氮素供应量最少,仅 2 008.88 t,占比 8.68%;蔬菜、小麦的氮素供应量分别为 7 052.71、5 633.94 t,占比分别为 30.46%、24.33%。该结果与不同农作物秸秆氮素养分含量及种植面积呈正相关。

从各区域的氮素供应量可以看出,临潼秸秆氮素供应量最大,达到 4 569.48 t,占比 19.73%,这与临潼区玉米、小麦种植面积最大呈正相关;未央区的氮素供应量仅为 17.36 t,

占比0.07%,与氮素需求量呈正相关。

表3 各区县不同农作物生长氮素需求量

Table 3 Nitrogen demand for different crop growth in different districts and counties

单位:t

序号 No.	区县 District and county	小麦 Wheat	玉米 Corn	蔬菜 Vegetable	瓜果 Melons and fruits	合计 Total
1	灞桥	204.73	190.59	518.33	19.07	932.72
2	未央	0.99	0	101.67	4.40	107.06
3	阎良	678.33	996.66	2 586.67	1 017.87	5 279.53
4	临潼	2 612.20	3 212.97	2 836.67	230.27	8 892.11
5	长安	1 472.60	1 340.93	1 578.33	265.47	4 657.33
6	高陵	644.29	912.29	2 385.00	23.47	3 965.05
7	鄠邑	1 371.96	1 969.21	1 478.33	239.07	5 058.57
8	蓝田	1 735.55	1 573.71	1 021.67	170.13	4 501.06
9	周至	925.99	1 344.70	1 445.00	8.80	3 724.49
10	西咸	1 146.01	1 733.42	4 288.33	129.07	7 296.83

表4 各区县不同农作物秸秆氮素供应量

Table 4 Nitrogen supply of different crop straws in different districts and counties

单位:t

序号 No.	区县 District and county	小麦 Wheat	玉米 Corn	蔬菜 Vegetable	瓜果 Melons and fruits	合计 Total
1	灞桥	115.44	112.18	184.59	9.82	422.03
2	未央	0.78	0	15.35	1.23	17.36
3	阎良	464.88	734.75	1 405.29	1 110.40	3 715.32
4	临潼	1 313.52	1 998.37	998.20	259.39	4 569.48
5	长安	743.34	862.96	371.39	156.70	2 134.39
6	高陵	447.72	765.57	1 166.88	30.28	2 410.45
7	鄠邑	749.58	1 258.69	558.01	205.80	2 772.08
8	蓝田	755.04	917.20	218.25	113.74	2 004.23
9	周至	457.08	779.13	423.92	5.73	1 665.86
10	西咸	586.56	1 030.62	1 710.83	115.79	3 443.80

**3.3 畜禽粪便氮素供应量** 根据计算公式(4)、(5)得出西安市畜禽粪便氮素供应量,结果见表5。由表5可知,全市畜禽氮素供应总量为5 405.15 t,其中家禽氮素供应量最大,达1 804.20 t,占比33.38%;种猪氮素供应量最少,仅183.84 t,占比3.40%;奶牛、肉牛、市场猪、羊的氮素供应量分别为1 570.40、688.91、595.57、562.23 t,占比分别为29.05%、

12.75%、11.02%、10.40%。该结果与不同畜禽氮素养分含量及畜禽数量呈正比。

从各区域的氮素供应量可以看出,临潼的畜禽氮素供应量最大,达到1 735.61 t,占比32.11%,这与临潼区畜禽养殖量呈正相关;灞桥区因畜禽养殖数量较少,畜禽氮素供应量仅105.96 t,占比1.96%。

表5 各区县不同畜禽氮素供应量

Table 5 Nitrogen supply of different livestock and poultry in different districts and counties

单位:t

序号 No.	区县 District and county	肉牛 Beef cattle	奶牛 Cow	种猪 Breeding pig	市场猪 Market pig	羊 Sheep	家禽 Poultry	合计 Total
1	灞桥	4.07	55.22	5.42	13.11	13.80	14.34	105.96
2	未央	0	0	0	0	0	0	0
3	阎良	61.87	228.20	9.82	29.37	74.67	153.81	557.74
4	临潼	115.94	835.49	30.02	125.25	168.52	460.39	1 735.61
5	长安	23.64	72.07	12.44	39.75	28.95	194.58	371.43
6	高陵	72.10	107.60	14.07	42.06	40.11	194.02	469.96
7	鄠邑	66.83	70.81	34.77	111.75	45.12	209.21	538.49
8	蓝田	230.99	73.21	23.18	70.15	160.80	295.25	853.58
9	周至	111.37	68.79	40.69	123.80	15.20	188.96	548.81
10	西咸	2.10	59.01	13.43	40.33	15.06	93.64	223.57

**3.4 农业废弃物氮素供需平衡** 由表6可知,2021年西安市农业有机废弃物氮素养分的总需求量44 414.74 t、供应量

为28 560.12 t,氮素养分的供需比为1.56。这说明西安市各区县的农业有机废弃物转化农用氮素的养分供不应求,农业

有机废弃物的氮素养分供应相对不足。其中,阎良的供需比为 1.23,是全市农业有机废弃物氮素养分供应相对充足的区域,这与阎良区的瓜果种植面积及畜禽养殖数量呈正相关,根据该结果,如果阎良区的农业有机废弃物能够完全肥料化利用转化为氮素,只需额外少量的氮素养分即可满足该区域主要农作物氮素养分需求。未央区的供需比达到 6.16,这与未央区没有畜禽养殖有直接关系,氮素供应非常不足,需要大量的外源氮素供应。

全市除了阎良和未央,其他区域的氮素供需比差异不大,都属于氮素养分供应不足,各区域的农业有机废弃物转化氮素养分难以满足该区域农作物的生长需求。高陵、临潼、鄠邑、蓝田、周至、灞桥、长安、西咸的供需比分别为 1.37、1.41、1.52、1.57、1.68、1.76、1.85、1.98。该数据同时说明西安市种植面积较大,而畜禽养殖数量相对较少。

表 6 西安市各区县农业有机废弃物转化氮素供需比

Table 6 Nitrogen supply and demand ratio of major agricultural organic waste conversion in various districts and counties of Xi'an City

序号 No.	区县 District and county	供应量 Supply t	需求量 Requirements t	供需比 Supply-demand ratio
1	灞桥	527.99	932.73	1.76
2	未央	17.36	107.05	6.16
3	阎良	4 273.05	5 279.53	1.23
4	临潼	6 305.10	8 892.10	1.41
5	长安	2 505.83	4 657.33	1.85
6	高陵	2 880.40	3 965.05	1.37
7	鄠邑	3 310.56	5 058.57	1.52
8	蓝田	2 857.80	4 501.06	1.57
9	周至	2 214.67	3 724.49	1.68
10	西咸	3 667.36	7 296.83	1.98

#### 4 结论与讨论

通过查阅文献和实地调研,对西安市 10 个涉农区县农业有机废弃物的氮素养分供需平衡进行了研究。其中氮素养分需求量是根据各区域农作物种植面积及不同农作物生长对氮素的养分需求量计算得出;养分供应量分为农作物秸秆氮素供应量及各区域畜禽氮素养分供应量 2 部分,其中秸秆氮素供应量是根据不同农作物秸秆产量及秸秆氮素养分含量计算得出,畜禽氮素供应量是根据各区域畜禽养殖数量、畜禽种类、各畜禽的排泄系数及饲养周期等计算得出。

通过研究结果可以看出,2021 年西安市各区县主要农作

物生长对氮素的总需求量为 44 417.75 t,而 2021 年各区县的氮素供应总量为 28 560.12 t,其中包括主要农作物秸秆的氮素供应量 23 155.00 t(81.07%),畜禽粪便的 5 405.15 t(18.93%),氮素养分供需比为 1.56。结果表明,西安市各区县农业有机废弃物(秸秆、畜禽粪便)的氮素养分供应量难以完全满足该区域农作物生长对氮素的需求。其中,畜禽氮素供应量占比仅 19%,这与西安农业产业结构调整及生态环境保护有很大的关系。全市畜禽年末存栏量逐年下降,对不符合污染物排放要求的养殖企业进行了关停。

笔者对西安主要农作物秸秆及畜禽等废弃物的氮素养分含量进行了计算和分析,未涉及果树枝条废弃物利用及氮素养分含量,主要原因是果树枝条腐解较为缓慢,难以给作物提供速效的氮素养分。因此,仅从农作物秸秆和畜禽粪便的氮素养分供应来看,西安市农业有机肥废弃物的氮素养分供应不充分,各区域还需补充额外的氮素养分。同时也可以看出,西安市农业有机废弃物含有大量的氮素养分含量,需要加以利用,转化为有机肥,补充西安市农作物氮素养分需求的同时,能够避免农业有机废弃物对该市农业生态环境造成污染和破坏。

#### 参考文献

- [1] ZHOU Q S, WANG Y, ZHANG Y C, et al. Analysis on supply-demand balance of compost from agricultural organic wastes in Henan Province, China [J]. Chemical engineering transactions, 2018, 64: 55-60.
- [2] 王涛,常小箭,黄宗华. 西安市主要农作物秸秆资源量估算及资源化潜力分析[J]. 安徽农业科学, 2017, 45(16): 73-77.
- [3] 常小箭,陈妮,郭鹏飞,等. 西安市蔬菜秸秆资源化利用潜力分析[J]. 安徽农业科学, 2019, 47(14): 58-60, 135.
- [4] JAMROZ E, BEKIER J, MEDYNSKA-JURASZEK A, et al. The contribution of water extractable forms of plant nutrients to evaluate MSW compost maturity: A case study [J]. Scientific reports, 2020, 10(1): 1-9.
- [5] RADZIEMSKA M, VAVERKOVÁ M D, MAZUR Z. Pilot scale use of compost combined with sorbents to phytostabilize Ni-contaminated soil using *Lolium perenne* L. [J]. Waste and biomass valorization, 2019, 10(6): 1585-1595.
- [6] 平英华,张飞,刘先才,等. 农业废弃物资源化利用模式及主导途径研究[J]. 安徽农业科学, 2019, 47(17): 216-219.
- [7] 卜毓坚,屠乃美,刘文,等. 我国农作物秸秆综合利用现状及其技术进展[J]. 作物研究, 2006, 20(5): 526-529.
- [8] BERNARDES C, GÜNTHER W M R. Generation of domestic solid waste in rural areas: Case study of remote communities in the Brazilian Amazon [J]. Human ecology, 2014, 42(4): 617-623.
- [9] ARAMAKI T, SUZUKI E, HANAKI K. Supply and demand analysis of compost for effective use of various organic wastes in Aichi Prefecture [J]. Journal of environmental science (Japan), 2001, 2001, 14(4): 367-371.
- [10] ZHOU Q S, WANG Y, HAN T, et al. The demand & supply balance analysis for organic matter of the agricultural waste in Yongcheng City [J]. Chemical engineering transactions, 2017, 62: 1321-1326.