

中国植物营养与肥料学会绿肥分会场报告

## 我国生地熟化评价指标体系与评价方法探讨

报 告 人：王建红

团 队 成 员：张贤 叶静 曹凯 邹平 徐静

国家绿肥产业技术体系生地绿肥熟化技术岗位

浙 江 省 农 业 科 学 院

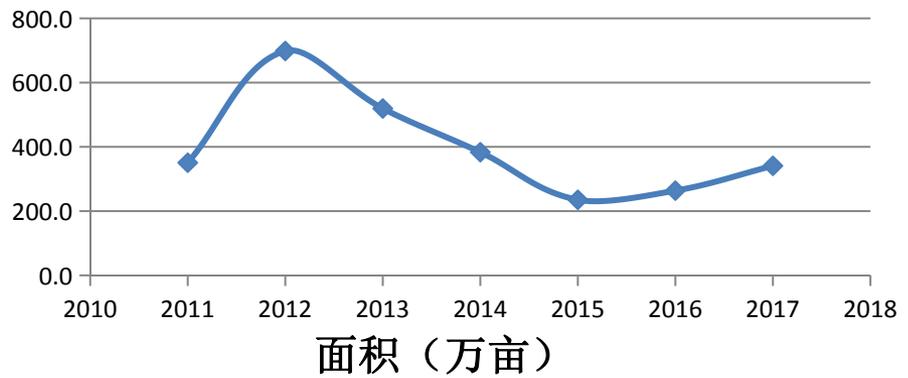
2019.8.8 重庆

# 汇报提要

- 一. 研究背景
- 二. 研究方法与数据来源
- 三. 评价结果
- 四. 结论与讨论
- 五. 应用实例

# 一. 研究背景

## 我国每年垦造大量耕地



● 2010年以来，我国每年的新垦耕地总面积都在200万亩以上，为保持全国耕地总量平衡发挥重要作用。

## 新垦耕地土壤肥力水平普遍偏低

指标 省份	容重 (g/cm <sup>3</sup> )	pH	有机质 (g/kg)	全N (g/kg)	全P (g/kg)	全K (g/kg)	碱解N (mg/kg)	速效P (mg/kg)	速效K (mg/kg)	含盐量(g/kg)
甘肃	1.36	7.97	5.46	0.83	0.62	4.27	44.2	9.90	153	-
山西	1.36	8.06	2.55	0.22	0.41	9.26	97.1	9.25	289	-
河北	1.22	7.94	15.0	0.86	0.48	7.59	160	4.10	298	2.9
江苏	1.33	8.13	5.83	0.34	0.61	7.12	67.2	16.2	249	2.6
浙江	1.34	7.43	4.08	0.29	0.41	8.91	26.7	3.41	235	-
海南	1.18	5.04	32.1	1.32	0.43	7.06	19.1	10.7	214	-

## ✦ 我国目前尚无系统的生地熟化评价方法

◆ 对生地与熟地没有明确定义

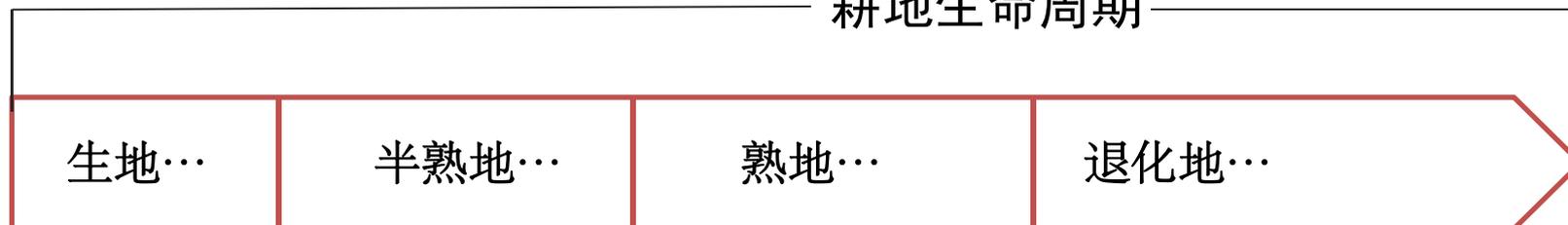
◆ 以耕地质量评价代替生地熟化评价

● 农业农村部：耕地分十级；  
自然资源部：耕地分十五级；  
各地方有不同的耕地质量评价方法。

## ✦ 生地熟化评价方法研究意义

◆ 从耕地生命周期角度研究生地

耕地生命周期



◆ 为生地熟化过程和技术提供可量化的评价方法

## 二. 研究方法与数据来源

### 1. 研究方法

#### 1.1 生地熟化评价指标体系构建

##### ➤ 生地熟化评价指标选择

原则:

- ① 统一性原则。选取的评价指标适用所有的生地熟化评价，保证评价结果的实用性和可比性；
- ② 主导性原则。选取能正确反映生地熟化效果的代表性指标，避免指标复杂化；
- ③ 实用性原则。即选取的指标应该容易定量测定、或容易获得，能被大家理解和接受；
- ④ 独立性原则。即所选的指标间不能出现因果关系，避免重复评价。

## ➤ 生地熟化评价指标

序号	指标名称
1	容重
2	含盐量（只针对盐土地或盐碱地）
3	pH
4	有机质
5	全氮
6	碱解氮
7	全磷
8	有效磷

## ➤ 生地熟化评价指标值区间

指标名称	障碍值区间	半熟化值区间	熟化值区间
容重 (g/cm)	>1.6	(1.3, 1.6)	≤1.3
含盐量(g/kg)	>10.0	(1.0, 10.0)	≤1.0
pH (无量纲)	<4.0或 or > 9.5	[4.0, 6.5)或 or (7.5, 9.5]	[6.5, 7.5]
有机质 (g/kg)	<6.0	[6.0, 20.0)	≥20.0
全氮 (g/kg)	<0.5	[0.5, 1.0)	≥1.0
碱解氮 (mg/kg)	<30.0	[30.0, 90.0)	≥90.0
全磷 (g/kg)	<0.3	[0.3, 0.8)	≥0.8
有效磷 (mg/kg)	<3.0	[3.0, 10.0)	≥10.0

## ➤ 生地熟化评价相关概念描述

**生地**：规定有一个或多个评价指标实测值落在“障碍值区间”的耕地。将对应的指标称为“**生地障碍因子**”，将只有一个指标值落在障碍值区间的耕地称为“**单因子障碍生地**”，将具有两个或两个以上的指标值落在障碍值区间的耕地称为“**多因子障碍生地**”。

**半熟地：**将所有指标实测值都不落在“障碍值区间”，但有一个或多个指标值落在“半熟化值区间”的耕地。将指标实测值落在“半熟化值区间”的指标称为“**半熟化因子**”。

运用合适的数学方法对落在“障碍值区间”和“半熟化值区间”的指标值进行综合统计分析，得到一个取值在0~100范围内的量化值，将运算得到的量化值称为“**生地指数**”。

运用合适的数学方法对所有落在“半熟化值区间”的指标值进行综合统计分析，得到一个10~100范围内的量化值，将运算得到的量化值称为“**熟化度**”。将所有指标实测值都落在“熟化值区间”的耕地称为“**熟地**”，同时将对应的指标称为“**熟化因子**”，对于熟地不再进行熟化度的评价。

## 1.2 生地熟化评价方法

### ➤ 评价指标实测值无量纲标准化

运用Fuzzy综合评判隶属度函数法对各指标实测值进行无量纲标准化。

- 土壤容重和含盐量采用S型（负相关性）隶属度函数

表示方法：

$$f(x) = \begin{cases} 1.0 & (x \leq a_1) \\ 0.9(a_2 - x) / (a_2 - a_1) + 0.1 & (a_1 < x \leq a_2) \\ 0.1 & (x > a_2) \end{cases} \quad (1)$$

$f(x)$ ：表示指标的隶属度函数值； $x$ ：表示指标的实测值； $a_1$ ：表示指标半熟化值区间的左侧临界值； $a_2$ ：表示指标半熟化值区间的右侧临界值。

- 土壤pH指标采用抛物线型隶属度函数

表示方法：

$$f(x) = \begin{cases} 0.1 & (x < a_{11}) \\ 0.9(x - a_{11}) / (a_{12} - a_{11}) + 0.1 & (a_{11} \leq x < a_{12}) \\ 1.0 & (a_{12} \leq x \leq a_{21}) \\ 0.9(a_{22} - x) / (a_{22} - a_{21}) + 0.1 & (a_{21} < x \leq a_{22}) \\ 0.1 & (x > a_{22}) \end{cases} \quad (2)$$

$f(x)$ ：表示pH指标的隶属度函数值； $x$ ：表示pH实测值； $a_{11}$ ：表示pH指标左边半熟化值区间的左侧临界值，在本研究中 $a_{11}=4.0$ ； $a_{12}$ ：表示pH指标左边半熟化值区间的右侧临界值，在本研究中 $a_{12}=6.5$ ； $a_{21}$ ：表示pH指标右边半熟化值区间的左侧临界值，在本研究中 $a_{21}=7.5$ ； $a_{22}$ ：表示pH指标右边半熟化值区间的右侧临界值，在本研究中 $a_{22}=9.5$ 。

- 有机质、全氮、碱解氮、全磷、有效磷指标采用S型（正相关性）隶属度函数。表示方法：

$$f(x) = \begin{cases} 0.1 & (x < a_1) \\ 0.9(x - a_1)/(a_2 - a_1) + 0.1 & (a_1 \leq x < a_2) \\ 1.0 & (x \geq a_2) \end{cases} \quad (3)$$

$f(x)$ : 表示指标的隶属度函数值； $x$ : 表示指标的实测值； $a_1$ : 表示指标半熟化值区间的左侧临界值； $a_2$ : 表示指标半熟化值区间的右侧临界值。

## ➤ 生地指数和熟化度计算方法

- 对指标实测值落在障碍值区间和半熟化值区间的评价指标按相应的隶属度函数进行运算，对于单因子障碍生地和多因子障碍生地，采用如下函数式计

(4) 算生地指数：

$$RI = \left(1 - \frac{1}{n \sum_{i=1}^n f(x_i)}\right) / 0.9 \times 100\% \quad (4)$$

式中：RI 表示生地指数（Raw land index），n表示指标实测值落在障碍值区间和半熟化值区间的指标个数， $x_i$ 表示第i个指标的实测值， $f(x_i)$ 表示第i个指标的隶属度函数值。

- 对指标实测值都不落在障碍值区间，但有一个或多个指标值落在半熟化值区间的半熟地采用如下函数式（5）计算熟化度：

$$MD = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n f(x_i) \times 100\% \quad (5)$$

式中：MD表示半熟地的熟化度（Maturation degree），n表示指标实测值落在半熟化值区间的指标个数， $x_i$ 表示第i个指标的实测值， $f(x_i)$ 表示第i个指标的隶属度函数值。

## 2. 数据来源

以2017年11月至2018年8月间，采自国内10省（区）不同地点的44个新垦耕地耕层（0~20cm）的土壤样品为研究对象，开展生地熟化程度评价。



## 2. 各样点新垦耕地生地熟化评价指标标准化值

编号	容重	含盐量	pH	有机质	全氮	碱解氮	全磷	有效磷
sxsc01	0.82	1.00	0.75	0.10	0.10	0.64	0.34	0.81
sxsc02	0.82	1.00	0.75	0.10	0.10	1.00	0.25	1.00
hbhh01	1.00	0.81	0.80	0.68	0.75	1.00	0.43	0.24
hbsz02	1.00	1.00	0.78	0.29	0.10	1.00	0.68	0.34
jsdt02	0.73	0.43	0.89	0.10	0.10	0.10	0.54	0.10
jsdf03	1.00	1.00	0.66	0.30	0.56	1.00	0.90	1.00
zjhd01	1.00	1.00	0.64	0.10	0.10	0.47	0.67	0.29
zjqj031	0.82	1.00	1.00	0.10	0.10	0.10	0.38	0.10
zjqj032	0.82	1.00	1.00	0.10	0.10	0.10	0.35	0.10
hlwc01	1.00	1.00	0.38	1.00	0.43	0.10	0.15	0.90
hlwc02	1.00	1.00	0.43	1.00	1.00	0.10	0.34	1.00

### 3. 所有样点指标属性的统计分析结果

指标名称	属障碍因子数	障碍因子占比 (%)	属半熟化因子数	半熟化因子占比 (%)	属熟化因子数	熟化因子占比 (%)
容重	0	0	26	59.1	18	40.9
含盐量	0	0	2	0.5	42	95.5
pH	0	0	34	77.3	10	22.7
有机质	22	50.0	14	31.8	8	18.2
全氮	26	59.0	9	20.5	9	20.5
碱解氮	11	25.0	17	38.6	16	36.4
全磷	2	0.5	40	99.0	2	0.5
有效磷	15	34.1	19	43.2	10	22.7

✓ 我国新垦耕地的土壤容重、含盐量、pH指标一般不会成为生地的障碍因子，但容重、pH、全磷指标往往是新垦耕地的半熟化因子，而土壤有机质、全氮、碱解氮、有效磷等指标容易成为生地的障碍因子。

## 4. 各样点新垦耕地的生地熟化程度评价结果

编号	障碍因子 个数	半熟化因子 个数	熟化因子 个数	耕地类型	适用指数	特征值
sxsc01	2	5	1	多因子障碍生地MBL	生地指数 RI	54.6
sxsc02	2	3	3	多因子障碍生地MBL	生地指数RI	66.2
hbhh01	0	6	2	半熟地 SML	熟化度 MD	61.8
hbsz02	1	4	3	单因子障碍生地SBL	生地指数RI	62.2
jsdt02	4	4	0	多因子障碍生地MBL	生地指数RI	69.5
jsdf03	0	4	4	半熟地SML	熟化度MD	60.7
zjjd01	2	4	2	多因子障碍生地MBL	生地指数RI	69.0
zjqj031	4	2	2	多因子障碍生地MBL	生地指数RI	81.5
zjqj032	4	2	2	多因子障碍生地MBL	生地指数RI	82.1
hlwc01	1	4	3	单因子障碍生地SBL	生地指数RI	67.6
.....						

✓ 参与评价的44个新垦耕地样点，评价为“生地”的样点数34个，占样点总数的77.3%，这些生地属于“单因子障碍生地”的有11个，属于“多因子障碍生地”的有23个，生地指数在50.9~84.9之间。评价为“半熟地”的样点数10个，占样点总数的22.7%，半熟地的熟化度在32.0~94.0之间。评价为“熟地”的样点数为0。

## 四. 结论与讨论

### 1. 结论

(1) 土壤容重、pH、全磷指标往往是新垦耕地的半熟化因子，土壤有机质、全氮、碱解氮、有效磷等指标容易成为生地的障碍因子，在生地熟化过程中需要被重点矫治。

(2) 我国近年来新垦的耕地以生地为主，而且“多因子障碍生地”较多，半熟地较少，没有熟地。

## 2. 讨论

(1) 运用Fuzzy综合评判隶属度函数法对新垦耕地进行熟化程度评价，运算简便、实用性强、结果可比性好。该评价方法适用于不同尺度、不同区域新垦耕地熟化程度的评价。

(2) 新垦耕地的生地熟化是一个动态的过程。本研究明确界定“生地”、“半熟地”、“熟地”的判定依据，为新垦耕地的熟化技术研究提供了一种可量化的评价模式。

(3) 根据生产实际应用的需要，对于评价为“半熟地”或“熟地”的新垦耕地可以针对不同的研究目标选用现有的耕地质量评价方法进行质量评价，对于评价为“生地”的耕地则不建议再做耕地质量评价，并且不能将这部分新垦耕地作为“占补平衡”耕地的指标纳入补充耕地，只有对生地的障碍因子进行消除，由“生地”转化为“半熟地”以后才可以将新垦耕地作为“占补平衡”耕地使用，以提高我国耕地“占补平衡”战略的实施质量。

## 五. 应用实例

### 1. 生地绿肥熟化技术试验基地耕地熟化程度

试验生地	障碍因子 个数	半熟化因子 个数	熟化因子 个数	耕地类型	适用指数	特征值
山西矿区复垦生地	2	5	1	多因子障碍生地	生地指数	54.6
河北盐碱生地	0	6	2	半熟地	熟化度	61.8
江苏滨海盐土生地	4	4	0	多因子障碍生地	生地指数	69.5
浙江红壤水田生地	4	2	2	多因子障碍生地	生地指数	81.5
海南砖红壤生地	1	4	3	单因子障碍生地	生地指数	67.6
西北绿洲灌区生地	0	5	3	半熟地	熟化度	64.6
西北干旱雨养区生地	2	5	1	多因子障碍生地	生地指数	58.8

## 2. 生地绿肥熟化技术试验效果验证

红壤水田生地不同熟化方式对熟化指标的影响(浙江)

熟化方式	熟化时间(年)	容重(g/cm <sup>3</sup> )	含盐量(g/kg)	pH	有机质(g/kg)	全氮(g/kg)	碱解氮(mg/kg)	全磷(g/kg)	有效磷(mg/kg)
原始	0	1.36	不检测	7.30	1.71	0.19	16.9	0.12	1.9
自然熟化	1.5	1.36	不检测	7.22	1.36	0.16	16.2	0.11	3.1
绿肥(紫)+化肥	1.5	1.36	不检测	7.96	2.61	0.18	16.6	0.21	4.3
绿肥(黑)+化肥	1.5	1.35	不检测	7.82	3.17	0.18	17.3	0.17	2.9
绿肥(黑)+化肥+商品有机肥料	1.5	1.33	不检测	7.59	8.08	0.53	52.1	0.38	24.1
绿肥(黑)+化肥+腐殖酸肥料	1.5	1.34	不检测	7.70	19.9	0.27	38.6	0.21	6.1

## 红壤水田生地不同熟化方式的熟化效果评价(浙江)

熟化方式	熟化时间(年)	障碍因子个数	半熟化因子个数	熟化因子个数	评定类型	适用指数	特征值
原始	0	5	1	2	多因子障碍生地	生地指数	86.7
自然熟化	1.5	4	2	2	多因子障碍生地	生地指数	86.4
绿肥(紫)+化肥	1.5	4	3	1	多因子障碍生地	生地指数	74.9
绿肥(黑)+化肥	1.5	5	2	1	多因子障碍生地	生地指数	76.1
绿肥(黑)+化肥+商品有机肥料	1.5	0	6	2	半熟地	熟化度	48.9
绿肥(黑)+化肥+腐殖酸肥料	1.5	2	5	1	多因子障碍生地	生地指数	52.2

**熟化效果：**绿肥(黑)+化肥+商品有机肥 > 绿肥(黑)+化肥+风化煤腐殖酸  
> 绿肥(紫)+化肥 > 绿肥(黑)+化肥 > 自然熟化

生地熟化评价  
信息系统V1.0



**谢谢大家**

**敬请批评指正！**

