

# 团 体 标 准

T/CSMT XXXXX—2025

---

## 北方粮食作物数字水肥决策技术规范

Technical Specifications for Digital Water-Fertilizer Decision of grain  
crops in Northern China

（征求意见稿）

2025 - XX - XX 发布

2025 - XX - XX 实施

---

中国计量测试学会 发布



# 目 次

前 言 .....	II
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 数字水肥决策的基本流程 .....	2
5 养分施用方式与比例决策 .....	2
6 灌溉决策 .....	5
7 水肥混合比例决策 .....	6
8 信息获取 .....	7
附录 A（资料性）1. pH 小于等于 6 时交换性酸含量与白云石、石灰石施用量的关系 .....	9
附录 A（资料性）2. pH 大于 6 时的钙镁肥料施用量 .....	9
附录 B（规范性）土壤质地分类速查图 .....	10

# 前 言

本文件按照GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由淄博数字农业农村研究院提出。

本文件由中国计量测试学会归口。

本文件起草单位：中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所、北方农牧业技术创新中心、淄博数字农业农村研究院、内蒙古中农北方农牧业科技有限公司、淄博乐悠悠农业科技有限公司、中农唯实检测科技（潍坊）有限公司。

本文件主要起草人：陈保青、董雯怡、龚道枝、雷添杰、王建东、刘淑艳、王亮方、王海涛、刘海明、刘春艳。

# 北方粮食作物数字水肥决策技术规范

## 1 范围

本文件规定了北方粮食作物数字水肥决策技术涉及的术语和定义、数字水肥决策的基本流程、养分施用方式与比例决策、灌溉决策、水肥一体施肥决策和信息获取。

本文件适用于北方玉米、小麦、大豆、马铃薯数字水肥决策，其他作物可参照执行。本文件可用于各类智慧农业平台底层算法搭建、农田尺度日常水肥管理和区域尺度灌溉制度、施肥制度设计。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

NY/T 1121.1-2006 土壤检测 第1部分：土壤样品的采集、处理和贮存

NY/T 1121.2-2006 土壤检测 第2部分：土壤pH的测定

NY/T 1121.3-2006 土壤检测 第3部分：土壤机械组成的测定

NY/T 1121.4-2006 土壤检测 第4部分：土壤容重的测定

NY/T 1121.6-2006 土壤检测 第6部分：土壤有机质的测定

NY/T 1121.7-2014 土壤检测 第7部分：土壤有效磷的测定

NY/T 1121.8-2006 土壤检测 第8部分：土壤有效硼的测定

NY/T 1121.9-2023 土壤检测 第9部分：土壤有效钼的测定

NY/T 1121.13-2006 土壤检测 第13部分：土壤交换性钙和镁的测定

HJ 649-2013 土壤 可交换酸度的测定 氯化钾提取-滴定法

NY/T 889-2004 土壤速效钾和缓效钾含量的测定

NY/T 890-2004 土壤中有效态锌、锰、铁、铜含量的测定 二乙三胺五乙酸（DTPA）浸提法

NY/T 3242-2018 土壤水溶性钙和水溶性镁的测定

联合国粮食及农业组织 Irrigation and drainage paper 56 Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1 数字水肥决策 Digital Water-Fertilizer Decision

利用数字化技术，根据作物生长需求、环境参数和土壤实时状态，动态生成最优水肥施用方案的数据驱动型智能决策过程。

### 3.2 水肥一体养分比例决策 Decision on the nutrients ratio under integrated management of water and fertilizer

在数字水肥决策中,根据作物生长需求和土壤检测结果进行水肥一体条件下不同养分混合比例的决策过程。

### 3.3 水肥一体肥料比例决策 Decision on the quality fertilizer ratio under integrated management of water and fertilizer

在数字水肥决策中,根据水肥一体养分比例决策结果计算得到不同肥料混合比例的决策过程。

### 3.4 水肥混合比例决策 Decision on water fertilizer mixing ratio

在数字水肥决策中,根据作物和环境实时状态,动态生成灌溉水质量和肥料质量配比关系的决策过程。

### 3.5 灌溉决策 Irrigation decision-making

基于实时数据分析和作物需求,科学制定农作物灌溉时间、灌溉量等关键参数的过程。

### 3.6 灌溉阈值 Irrigation threshold

在数字水肥决策中,触发灌溉操作的关键参数临界值。

## 4 数字水肥决策的基本流程

北方粮食作物数字水肥决策基本流程包括如下:(1)根据土壤检测结果和作物养分需求规律决策不同类型养分施肥方式与比例;(2)对土壤质地进行判断,并对土壤墒情进行监测,根据土壤墒情监测结果决策灌溉时间和灌溉量;(3)基于养分施用比例决策和灌溉决策结果,根据天气和作物生长状况决策水肥混合比例。

## 5 养分施用方式与比例决策

### 5.1 养分施用方式

数字水肥管理中养分施用方式包括固体基肥施用、水肥一体施肥和无人机肥料喷施三种。固体基肥主要施用对象为钙肥、镁肥和部分磷肥,水肥一体施肥主要施用对象为氮肥、钾肥、部分磷肥和部分微量元素,无人机肥料喷施主要施用对象为部分微量元素。

### 5.2 土壤检测

进行0-30cm土壤取样和检测,获取土壤容重、机械组成、有机质、有效磷、速效钾、pH值、有效钙、有效镁、交换性酸、有效铜、有效铁、有效锰、有效锌、有效硼等检测信息。

### 5.3 基肥施用决策

#### 5.3.1 磷肥基施用量决策

根据土壤有效磷检测结果参考表1确定作物全生育期磷肥施用量。短生育期作物磷肥基施比例可为100%,长生育期作物磷肥基施比例可为40%-60%。

#### 5.3.2 钙镁肥基施用量决策

根据土壤检测pH值、土壤有效钙、有效镁、交换性酸含量参考附录A确定钙、镁肥料总施用量。

表 1 全生育期磷肥施用量

单位 kg/666.7 m<sup>2</sup>

作物类型	土壤有效磷含量水平 (mg/L)					
	0~7	7~12	12~24	24~40	40~60	>60
夏玉米	10	8	6	4	3	2
春玉米	22	18	14	10	6	4
小麦	11	9	7	6	4	3
大豆	8	7	6	4	2	0
马铃薯	12	10	8	6	4	2

注：本表数值适用于高产栽培地块（小麦、夏玉米 600kg/666.7 m<sup>2</sup>，春玉米 1200kg/666.7 m<sup>2</sup>，大豆 200kg/666.7 m<sup>2</sup>，马铃薯 3000kg/666.7 m<sup>2</sup>），在预期产量较低或较高时，可等比例调整。

#### 5.4 水肥一体养分比例决策

根据土壤有机质、速效钾检测结果依据表2确定氮钾养分质量比，根据土壤有机质、有效磷检测结果依据表3确定氮磷养分质量比。

表 2 氮钾养分质量比

有机质 (g/kg)	速效钾含量 (mg/L)	氮钾养分质量比 (N:K <sub>2</sub> O)			
		玉米	小麦	大豆	马铃薯
<10	0~40	1.3	1.4	0.6	0.8
<10	40~60	1.4	1.8	0.7	0.9
<10	60~80	1.7	2.0	0.9	1.0
<10	80~100	2.1	2.8	1.2	1.1
<10	100~140	3.0	3.5	1.4	1.5
<10	>140	5.0	7.0	2.3	2.3
10~20	0~40	1.1	1.2	0.5	0.7
10~20	40~60	1.2	1.5	0.6	0.8
10~20	60~80	1.4	1.7	0.8	0.9
10~20	80~100	1.9	2.4	1.0	1.0
10~20	100~140	2.6	3.0	1.2	1.3
10~20	>140	4.3	6.0	2.0	2.0
20~30	0~40	0.9	1.1	0.3	0.6
20~30	40~60	1.0	1.4	0.4	0.7
20~30	60~80	1.2	1.6	0.5	0.8
20~30	80~100	1.6	2.2	0.7	0.9
20~30	100~140	2.2	2.8	0.8	1.1
20~30	>140	3.7	5.5	1.3	1.7
>30	0~40	0.8	1.0	0.2	0.5

有机质 (g/kg)	速效钾含量 (mg/L)	氮钾养分质量比 (N:K <sub>2</sub> O)			
		玉米	小麦	大豆	马铃薯
>30	40~60	0.8	1.3	0.2	0.5
>30	60~80	1.0	1.4	0.3	0.6
>30	80~100	1.3	2.0	0.3	0.6
>30	100~140	1.8	2.5	0.4	0.8
>30	>140	3.0	5.0	0.7	1.3

表3 氮磷养分质量比

有机质 (g/kg)	有效磷含量 (mg/L)	氮磷养分质量比 (N:P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )			
		玉米	小麦	大豆	马铃薯
<10	0~7	2.7	2.5	1.8	2.7
<10	7~12	3.3	3.1	2.0	3.2
<10	12~24	4.3	4.0	2.3	4.0
<10	24~40	6.0	4.7	3.5	5.3
<10	40~60	10.0	7.0	7.0	8.0
<10	>60	15.0	9.3	14.0	16.0
10~20	0~7	2.4	2.2	1.5	2.3
10~20	7~12	2.9	2.7	1.7	2.8
10~20	12~24	3.7	3.4	2.0	3.5
10~20	24~40	5.2	4.0	3.0	4.7
10~20	40~60	8.7	6.0	6.0	7.0
10~20	>60	13.0	8.0	12.0	14.0
20~30	0~7	2.0	2.0	1.0	2.0
20~30	7~12	2.4	2.4	1.1	2.4
20~30	12~24	3.1	3.1	1.3	3.0
20~30	24~40	4.4	3.7	2.0	4.0
20~30	40~60	7.3	5.5	4.0	6.0
20~30	>60	11.0	7.3	8.0	12.0
>30	0~7	1.6	1.8	0.5	1.5
>30	7~12	2.0	2.2	0.6	1.8
>30	12~24	2.6	2.9	0.7	2.3
>30	24~40	3.6	3.3	1.0	3.0

有机质 (g/kg)	有效磷含量 (mg/L)	氮磷养分质量比 (N:P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )			
		玉米	小麦	大豆	马铃薯
>30	40~60	6.0	5.0	2.0	4.5
>30	>60	9.0	6.7	4.0	9.0

注：本表为磷肥 50%基施时氮磷养分质量比，当磷肥基施比例为 50%以外数值时，可依据表 5 进行等比例调整。

## 5.5 水肥一体肥料比例决策

在使用水肥一体进行施肥时，根据以下公式计算肥料施用质量比：

$$Pz = (Pa \times Kp) / Cp \quad \dots\dots (1)$$

$$Nz = (Pa \times Kp \times R_{N:P2O5}) / (C_{N1} - Pz \times C_{N2}) \quad \dots\dots (2)$$

$$Kz = Nz / (R_{N:K2O} \times C_K) \quad \dots\dots (3)$$

$$R_{NPK} = Nz : Pz : Kz \quad \dots\dots (4)$$

其中 Pa 为根据表 3 确定的磷肥总施用量，Kp 为磷肥通过水肥一体进行施用的比例，Cp 为磷肥中的 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 含量，C<sub>N1</sub> 为氮肥中的 N 含量，C<sub>N2</sub> 为磷肥中的 N 含量，C<sub>K</sub> 为钾肥中的 K<sub>2</sub>O 含量，Nz、Pz、Kz 为氮、磷、钾肥料水肥一体施肥量，R<sub>N:P2O5</sub>、R<sub>N:K2O</sub> 为根据表 2 和表 3 确定的氮磷和氮钾纯养分比值，R<sub>NPK</sub> 为水肥一体中氮肥、磷肥、钾肥混合比例。

## 5.6 微量元素施肥决策

根据土壤检测有效铜、有效铁、有效锰、有效锌、有效硼数值，依据表 4 确定微量元素施用。铁、铜、硼采用叶面喷施方式进行，锰、锌肥通过水肥一体进行施用。对于豆科作物，在上述微量元素补充基础上，参考表 4 采用叶面喷施方式进行钼肥补充。

表 4 微量元素施用

微量元素指标	临界值 (mg/L)	施用形态	施用量 (kg/666.7 m <sup>2</sup> )
土壤有效铜	1	硫酸铜	0.2~0.4
土壤有效铁	10	络合态铁	2~4
土壤有效锰	5	硫酸锰	1~3
土壤有效锌	2	硫酸锌	1~2
土壤有效硼	0.2	硼砂	0.1~0.2
土壤有效钼	0.2	钼酸铵	0.1~0.2

## 6 灌溉决策

### 6.1 土壤墒情监测

6.1.1 选用经过校准并且内置补偿算法的土壤墒情监测设备进行土壤含水量监测。

6.1.2 于作物播种结束后选择可代表地块平均土壤墒情水平的位置进行墒情监测设备安装，并监测 10cm 深度和 30cm 深度土壤含水量监测，作物收获前移除，以防收获机械破坏监测设备。

### 6.2 灌溉阈值获取

### 6.2.1 土壤质地判断

根据土壤机械组成检测结果，依据附录B中土壤质地分类三角坐标图定位土壤质地类型。

### 6.2.2 灌溉阈值获取

根据土壤质地类型和作物类型，依据表5获取灌溉阈值。

### 6.3 灌溉决策

在苗期以10cm深度土壤墒情监测结果为判断依据，苗期以后以30cm深度土壤墒情传感器监测结果为判断依据，当土壤体积含水量低于灌溉阈值时进行灌溉，黏土单次灌溉总量为 $5-10\text{m}^3/666.7\text{m}^2$ ，壤土为 $10-20\text{m}^3/666.7\text{m}^2$ 、砂土为 $20-30\text{m}^3/666.7\text{m}^2$ 。灌溉时期从苗期持续至成熟期，进入成熟期后原则上不再供水。

表5 土壤体积含水量灌溉阈值

土壤质地	玉米	小麦	大豆	马铃薯
砂土	4.6%	4.5%	4.5%	4.6%
壤砂土	6.0%	5.9%	5.8%	6.0%
砂壤土	8.5%	7.9%	7.5%	8.5%
壤土	16.6%	14.7%	13.3%	16.7%
粉土	25.9%	22.8%	20.2%	26.1%
粉壤土	24.1%	21.4%	19.2%	24.2%
砂黏壤土	17.0%	15.7%	14.7%	17.0%
黏壤土	27.0%	25.0%	23.2%	27.1%
粉砂质黏壤土	33.9%	31.9%	30.0%	34.0%
砂黏土	26.8%	25.3%	24.0%	26.8%
粉砂质黏土	33.7%	33.0%	32.3%	33.7%
黏土	34.7%	33.9%	33.1%	34.8%

## 7 水肥混合比例决策

按下列公式，计算混配肥料质量与灌溉水量的比例：

$$FW=[WP^* \times K_T \times (N_c/C_{N1}) / ET_0] / [N_z / (N_z + P_z + K_z)] \dots\dots\dots (5)$$

$$F_R = R \times FW \dots\dots\dots (6)$$

$$K_T = 1 - e^{-k \cdot LAI} \dots\dots\dots (7)$$

$$N_c = aW^{-b} \times c \dots\dots\dots (8)$$

其中 FW 是灌溉水中混配肥料与灌溉水的比值 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )、 $F_R$  为降雨后的补肥量 ( $\text{kg}/666.7\text{m}^2$ )、R 为降雨量 ( $\text{m}^3/666.7\text{m}^2$ )； $WP^*$  为作物标准化水分生产力 ( $\text{g}/\text{m}^2$ )，玉米、小麦、马铃薯、大豆的  $WP^*$

参考值为  $33.7\text{g/m}^2$ 、 $15\text{g/m}^2$ 、 $19\text{g/m}^2$  和  $15\text{g/m}^2$ ； $K_T$  为作物蒸腾占总蒸散比例， $k$  为作物冠层消光系数，玉米、小麦、马铃薯和大豆的参考值分别 0.49、0.44、1.00 和 0.50，LAI 为叶面积指数，采用叶面积采用叶面积观测仪或手工测量获得； $N_c$  为作物干物质积累氮肥需求量（%）， $W$  为作物干重（ $\text{t/hm}^2$ ），玉米 a、b 和 c 参考值分别为 3.32、0.31 和 1，小麦 a、b 和 c 参考值为 4.16、0.41 和 1，马铃薯的 a、b 和 c 参考值为 4.57、0.41 和 1，大豆 a、b 和 c 参考值为 3.87、0.16 和 0.5； $ET_0$  为参考作物蒸散量（mm），采用联合国粮食及农业组织推荐的 Penman-Monteith 公式进行计算。

## 8 信息获取

### 8.1 土壤信息获取

#### 8.1.1 土壤样品的采集、处理和贮存

按 NY/T 1121.1-2006 土壤检测 第 1 部分：土壤样品的采集、处理和贮存。

#### 8.1.2 土壤机械组成和容重检测

按 NY/T 1121.3-2006 土壤检测 第 3 部分：土壤机械组成的测定和 NY/T 1121.4-2006 土壤检测 第 4 部分：土壤容重的测定。

#### 8.1.3 土壤有机质检测

按 NY/T 1121.6-2006 土壤检测 第 6 部分：土壤有机质的测定。

#### 8.1.4 土壤有效磷检测

按 NY/T 1121.7-2014 土壤检测 第 7 部分：土壤有效磷的测定。

#### 8.1.5 土壤速效钾检测

按 NY/T 889-2004 土壤速效钾和缓效钾含量的测定。

#### 8.1.6 土壤 pH 值和交换性酸检测

按 NY/T 1121.2-2006 土壤检测 第 2 部分：土壤 pH 的测定和 HJ 649-2013 土壤 可交换酸度的测定 氯化钾提取-滴定法。

#### 8.1.7 土壤有效钙和有效镁检测

按 NY/T 1121.13-2006 土壤检测 第 13 部分：土壤交换性钙和镁的测定和 NY/T 3242-2018 土壤水溶性钙和水溶性镁的测定。

#### 8.1.8 土壤有效铜、有效铁、有效锰、有效锌、有效硼和有效钼检测

按 NY/T 890-2004 土壤中有效态锌、锰、铁、铜含量的测定 二乙三胺五乙酸（DTPA）浸提法、NY/T 1121.8-2006 土壤检测 第 8 部分：土壤有效硼的测定和 NY/T 1121.9-2023 土壤检测 第 9 部分：土壤有效钼的测定。

### 8.2 气象信息获取与 $ET_0$ 计算

#### 8.2.1 气象信息获取

当农田气象条件与公共气象播报数据相似度较高时采用公共气象播报数据进行相关气象信息获取，相似度较低时应架设气象站，并对大气温度、风速、大气湿度、气压、净辐射、降雨量等要素进行监测。

### 8.2.2 $ET_0$ 计算

按联合国粮食及农业组织《Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements - FAO Irrigation and drainage paper 56》进行计算。

## 附录 A

(资料性)

## 1. pH 小于等于 6 时交换性酸含量与白云石、石灰石施用量的关系

交换性酸含量 (cmol/L)	钙/镁比大于 1.65 时	钙/镁比小于 1.65 时
	白云石施用量 (kg/666.7 m <sup>2</sup> )	石灰石施用量 (kg/666.7 m <sup>2</sup> )
0~0.1	130	130
0.1~0.4	170	170
0.4~0.9	200	200
0.9~1.4	230	230
1.4~1.9	270	270
1.9~2.4	330	330
2.4~2.9	400	400
2.9~3.4	470	470
3.4~3.9	530	530
3.9~4.4	600	600
>4.4	670	600

## 2. pH 大于 6 时的钙镁肥料施用量

土壤有效钙含量	土壤有效镁含量	硫酸钙施用量	硫酸镁施用量
mg/L		kg/666.7 m <sup>2</sup>	
0~180	0~70	70	20
180~300	70~100	60	15
300~400	100~130	50	15
400~500	130~160	45	12
500~600	160~190	35	10
600~700	190~220	25	7
700~800	220~250	17	5
800~900	250~280	8	2
>900	>280	0	0

附录 B  
 (规范性)  
 土壤质地分类速查图

