

# 水稻低碳与可持续生产 技术指南

November 2023

编制单位：中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所

四川省农业科学院农业信息与农村经济研究所

大自然保护协会

先正达农业可持续发展基金会

## 目录

一、稻田中期晒田技术 .....	1
二、稻田干湿交替灌溉技术 .....	2
三、稻田薄浅湿晒节水灌溉技术 .....	3
四、稻田开沟起厢覆膜栽培技术 .....	5
五、节水抗旱稻栽培技术 .....	6
六、高产低排放水稻品种及配套种植技术 .....	8
七、稻田免耕抛秧技术 .....	10
八、水稻直播技术 .....	11
九、水稻测土配方施肥技术 .....	14
十、水稻机械侧深施肥技术 .....	15
十一、水稻减排增效型肥料 .....	16
十二、水稻复合菌剂施用技术 .....	19
十三、稻田秸秆腐熟还田技术 .....	20
十四、稻田秸秆炭化还田技术 .....	21
十五、稻田综合种养技术 .....	22

# 一、稻田中期晒田技术

## 技术规程

### 1、晒前准备

应尽早挖通四周田埂排水沟和中心沟，并除去田埂边杂草，确保排灌方便。通常中心沟比田埂沟挖掘更宽深，一般深 15~20cm，宽 20~25cm 为宜。

### 2、晒田时间

晒田一般在分蘖末期、拔节初期，当分蘖数达到计划苗数时就开始晒田。对于分蘖能力强的品种，应在分蘖苗数达到计划苗数的 80%~90% 时就开始晒田。时间一般为 5~10 天，特殊情况下可达 20 天以上。

### 3、不同田块及苗情的晒田要求

对于土层深厚、肥沃，而且稻株茎叶生长过旺，氮肥用量过多，叶片发黑的田块应重晒田、早晒田。其次对于土质较薄，而且稻株长势弱小的应晚晒、轻晒或不晒。水稻生长正常的高产田要及时晒。当每亩茎数达到预计穗数或稍前时，就应开始排水干田，当田面硬实，出现小裂纹时可灌一次浅水，待自然落干后继续晒，直到幼穗分化期。最后对于黏土层透水性弱的田块应早晒、多晒(漏水田可不晒)。

### 4、晒田标准

以轻晒田面开细缝，入脚下去不粘泥。中晒田面出现鸡爪状裂纹。重晒白根外露叶色褪淡为准。

### 5、适度晒田

土壤含水量控制在土壤饱和含水量的 60%~80%。当田间 3~4 成植株出现拔节时，停止晒田，稻田复水保证幼穗分化期对水分的要求。同时如有褪色过重且复水后仍不回青的田块，还应补充适量速效肥料，不要造成脱肥，以免影响成穗率和幼穗的分化。

## 减排及协同效应

适时适度的晒田可以增产 5%~10%，并且可以提高水分利用效率和稻米品质。相较于连续淹灌，晒田可减少甲烷（CH<sub>4</sub>）排放 38%~59%，但晒田也会增加

氧化亚氮（ $N_2O$ ）排放，对于土壤固碳能力也存在一定负面影响。

通过晒田可增加土壤的含氧量，提高土壤氧化还原电位，促进气水肥协调，省能节水。抑制无效分蘖和基部节间伸长，促使茎秆粗壮、根系发达，从而调整稻苗长势长相，达到增强抗倒伏能力以及提高结实率和粒重的目的措施。可改善田间生态环境，减少病虫害的发生。晒田后田间杂草明显受到抑制，有效地避免与稻禾争阳光，争空间，争水肥；同时，抑制水稻植株体内氮化物的合成，促进茎鞘淀粉的积累，促使稻株生态改变，改善田间生态环境，降低田间湿度，减少病虫害的发生。

## 二、稻田干湿交替灌溉技术

### 技术规程

#### 1、从移栽至返青

建立浅水层，田间保持水层 2~3cm。

#### 2、返青~有效分临界叶龄期

进行间隙湿润灌溉: 田间灌水层 2~3cm, 然后自然落干至土壤水势为 $\leq -5kPa$ ; 再田间灌水层 2~3cm, 然后自然落干至土壤水势为 $\leq -5kPa$ : 如此循环。

#### 3、有效分临界叶龄期~拔节

进行排水晒田, 晒田至土壤水势为 $\leq -20kPa$  并保持 1 个叶龄期, 然后再灌水, 田间灌水层 2~3cm。

#### 5、拔节后一周~二次枝梗分化期初

进行干湿交替灌溉: 田间灌水层 2~3cm, 然后自然落干至土壤水势为 $\leq -10kPa$ ; 再田间灌水层 2~3cm, 然后自然落干至土壤水势为 $\leq -10kPa$ ; 如此循环。

#### 6、从二次枝梗分化期~出穗后 10 天

进行间隙湿润灌溉: 田间灌水层 2~3cm, 然后自然落干至土壤水势为 $\leq -5kPa$ ; 再田间灌水层 2~3cm, 然后自然落干至土壤水势为 $\leq -5kPa$ , 如此循环。

#### 7、从抽穗后 11 天~抽穗后 45 天

进行干湿交替灌溉: 田间灌水层 2~3cm, 然后自然落干至土壤水势为 $\leq -10kPa$ ; 再田间灌水层 2~3cm, 然后自然落干至土壤水势为 $\leq -10kPa$ , 如此循环。

## 8、成熟收获前 7~10 天

田间不灌水，土壤自然落干。

### 减排及协同效应

干湿交替通过调节水稻生理活性特别是根系活性提高水稻产量，同时对减少温室气体排放，提高水分利用率，改善土壤通气状况，调节田间小气候有重要作用。相对于淹灌，全生育期干湿交替可降低 45%~65%的 CH<sub>4</sub> 排放，但增加 N<sub>2</sub>O 排放。

干湿交替灌溉设定的土壤水分胁迫阈值影响水稻产量:轻度水分胁迫(土壤水势阈值-15)可在降低灌溉水量的同时保持水稻稳产或者增产;而重度水分胁迫(土壤水势阈值-30)水稻产量显著降低。干湿交替灌溉稻田土壤通气性较好，利于微生物活动，一定程度上促进了土壤有机物质的分解，不利于稻田土壤有机碳积累。结实期和全生育期轻度干湿交替灌溉显著提升稻米得到出糙率、精米率、整精米率、透明度等，提升稻米品质，而重度干湿交替灌溉则相反，存在干旱胁迫和减产风险。

此外，水分管理耦合肥料管理，如优化肥料施入种类和方式等，有利于 CH<sub>4</sub> 和 N<sub>2</sub>O 协同减排。

## 三、稻田薄浅湿晒节水灌溉技术

### 技术规程

薄浅湿晒节水灌溉技术是淹灌、晒田、浅水灌溉、干湿交替技术综合使用的一种稻田灌溉技术模式。在水稻种植中广泛使用。技术要点如下：

#### 1、薄水插秧，浅水返青

插秧时，田间保持薄水层，有利于保证栽插质量，避免漂秧，要求水层不超过 20mm。栽插后，由于植伤、秧苗根系的吸水能力大大减弱，为了平衡秧苗的生理需水，田间保持一定的浅水层，可以保持一个良好的温湿环境，使根系恢复生长，促进秧苗快速返青。返青期田间水层保持在 40mm 以内，低于 5mm 应及时灌水。

## 2、分蘖前期湿润，分蘖后期晒田

秧苗返青后，根系生长恢复正常，保持田面处于湿润状态，有利于增强根系活力，促进分蘖早发，分蘖前期应 3~5 天灌一次 10mm 以下的薄水层，经常保持田间土壤水分处于饱和状态。

分蘖末期为了抑制无效分蘖的发生，促进根系的伸长，为生殖生长打下基础，需要进行晒田。晒田必须严格掌握好时间和程度，才能充分发挥晒田的作用，既不能过早也不能过迟。

## 3、拔节孕穗期回灌溉水

拔节孕穗期是水稻的需水临界期，也是水稻吸肥最旺盛的时期，保证充足的水分供应，有利于壮秆，并为大穗打下基础。此期田间应保持 10~20mm 的浅水层，在地下水位比较高的田块，也可以采用湿润灌溉方法。

## 4、抽穗开花期保持薄水

抽穗开花期，水稻光合作用强，新陈代谢旺盛，也是水稻对水分反应较敏感的时期，耗水量仅次于拔节孕穗期，这个时期应采用薄水层 5~15mm 灌溉。

## 5、乳熟期湿润

乳熟期净光合生产率最高的时期，水分管理应以养根保叶为目的。此期田间的土壤水分要保持湿润饱和状态。一般掌握 3~5 天灌一次 10mm 以下的薄水层。

## 6、黄熟期湿润落干

黄熟期水稻田间耗水需已急剧下降，为了保证籽粒饱满，前期保持湿润，后期使其落干，遇雨应排水。

## 减排及协同效应

薄浅晒湿灌溉技术可使稻田甲烷排放量大幅降低，甲烷减排 55%~76%，但会促进氧化亚氮的排放。相较于传统淹灌，薄浅湿晒节水灌溉技术节水省能，降低成本，一般可节水 1100~1400 方每公顷。显著提升干物质贮藏量，提升水稻产量，据测水稻产量增加约 10%。薄浅晒湿灌溉可减少无效分蘖，使水稻茎强根壮，调整植株长势，增强抗倒伏能力。提高土壤通气性，提高土壤氧化还原电位，提升土壤含氧量，促进水气循环，创造田间小气候效应及减少病虫害发生。

## 四、稻田开沟起厢覆膜栽培技术

### 技术规程

#### 1、规范开厢

在距上下田埂 2.4~4.5 尺处开一条宽 7 寸左右、深 6~9 寸的围沟，以见犁底层为最好。对面积较大的田块，要在田的正中开一条宽 7 寸左右、深 6~9 寸的主沟。厢沟宽 6 寸左右、深 3~5 寸，厢面宽度 4.2~4.5 尺，开沟铲起的泥土均匀放撒于厢面，打碎泥块，整田质量达到田平泥融。整田前，均匀撒施腐熟的农家肥，去掉田中杂物。

#### 2、施足基肥

在整平厢面前，一次性全层配方施肥，重施底肥，多施农家肥。肥料要与土壤充分混合均匀。

#### 3、盖好薄膜

厢面平整后，以滚动膜捆的方法覆膜，使地膜紧帖厢面泥土，不被风刮起且不留任何空隙，以防膜下长草。

#### 4、及时移栽

覆膜后 3~7 天，等地温提高到 12°C 时，即可选择阴天或晴天下午，在膜上按 8×7 或 8×6 寸规格及时移栽，每穴栽 1~2 苗。

#### 5、水分管理

水稻移栽后保持沟中有水、膜面无水，严禁串灌、深灌。大雨过后要及时排掉厢面水层，确保覆膜对土壤的增温效应，但孕穗期和灌浆乳熟期，若严重受旱，要及时灌水。

#### 6、适时晒田

对有水源保证的田块，当每亩苗数 15~18 万时，应排水晒田，但后期容易受旱的田块不宜晒田。

#### 7、看苗追肥

后期脱肥的田块，可以用尿素作根外追肥，脱肥严重的田块，可灌水淹膜 2~3 cm 深，亩施尿素 4~5 公斤，让水自然落干即可。

#### 8、病虫害防治

由于水稻覆膜栽培早发快发，病虫害危害时间提早，要按照预测预报抓好病虫

的防治。

## 9、田间除草

对于稻田周围、“三沟”中，顶出地膜的杂草要及时拔除，以减少杂草争肥、争水、争光危害。

## 10、回收地膜

再生稻收割时要做到低留稻桩，以利地膜回收，并及时清除残膜，防止地膜对土壤的污染。

### 减排及协同效应

水稻覆膜栽培相比常规栽培可减少甲烷排放 50%~86%，在整个栽插和生长期，田块用水量少且长势好，节水达 50%左右。肥料利用率高由于田间水量相对较少，加之厢面盖膜，既防止了厢面水分蒸发，又减少了肥水损失，还提高了地温，示范田块秧苗叶浓绿，植株健壮。该技术适用于丘陵、山地等缺水或灌溉设施不完善的稻田及冬水田。

水稻覆膜栽培可节省追肥用工和除草用工，采用无公害及环保效果好的地膜覆盖，分蘖生长快，植株粗壮，抗逆性强，病虫害发生轻，田间基本无杂草，农药用量减少。采用地膜覆盖栽培比常规栽培提早成熟 15 天左右，增产增收效果明显，主要是因为地膜覆盖使地温升高，水分适中，有效肥水供应充足，水稻植株营养生长快。

## 五、节水抗旱稻栽培技术

### 技术规程

节水抗旱稻指既具有水稻的高产优质特性、又具有旱稻的节水抗旱特性的一种新型水稻类型。节水抗旱稻在水田种植可节水 50%以上，且可减少化肥农药施用量，产量、米质与水稻相当；在旱地种植，抗旱性与旱稻相当，可稳产增收。

#### 1、选择适宜的品种

要选早熟、中熟、根系发达前期生长快、抗旱能力的品种。

#### 2、培育全旱壮苗

1) 做到选好种，精量、适时、稀播，达到苗齐，苗壮。2) 搞好种子及床土消毒，防止种传病害和青黄立枯病。3) 应用优质的抗旱剂，旱地龙拌种或浇床，增强苗床的抗旱能力。4) 采用双幅开闭式覆盖或无纺布育苗，便于通风炼苗、炼小苗;地膜覆盖床面增强保温、保湿，有利于培育壮苗。5) 床面要少施氮肥控制旺长，增加秧苗的碳氮比值，增强抗旱能力。6) 进行全纯旱育苗和节水育苗，实行早做床、早找平，浇足底水，早播种。7) 出苗后尽量少浇水，培育早根，控制叶鞘的生长。

### **3、节水整地节约用水，提高整地质量**

进行三早整地。即早施耕、早找平、早打埂。实行原茬压耙法整地每亩可节省稻田泡田和插秧期用水 50%。

### **4、重施底肥**

氮肥总量的 60%~80% 全层施入，余下的 20%~40% 用作追肥，其余种肥料全部用作播前一次施入，这是缺水年份提高肥料利用率的重要措施之一。

### **5、集中快速插秧，合理密植**

集中劳力在快速整地基础上集中插秧。由于缺水要影响水稻分蘖，所以要加大密度 10% 进行合理密植。

### **6、不同时期的灌溉的要求**

插秧至缓苗期是水稻生态需水最关键时期，由于根的植伤和蒸腾量大，所以要保持深水层。分蘖前期是水稻的水分临界期之一，此时若缺水将影响分蘖的早生快发，对形成产量不利，要保持浅水。分蘖中后期随着分蘖数量的增加，抗旱能力达到了最强，此期可以大量节省水源，进行干湿灌溉，控制无效分蘖，提高成穗率。

幼穗分化前期可进行浅湿灌溉，后期为减数分裂期，则要保持浅水层，避免引起败育。抽穗至灌浆期是水稻生育最旺盛的时期之一，需要充足水分，保持浅水层。蜡熟期以后可适当减水，采用浅-湿-干的灌溉方法。

### **7、预防病虫害**

缺水条件下进行水稻的节水稻作生产，易发生稻瘟病和纹枯病，要十分重视这两种病的防治。一般在拔节期每亩施 2 包井冈霉素，破口期每亩 1 包井冈霉素，加 100g 三环唑施用防止稻瘟病、纹枯病、稻曲病。

## 减排及协同效应

节水抗旱稻可推进高产田节水节肥减排，相比常规品种和栽培方式，可降低甲烷排放 51%~76%。种植节水抗旱稻的一大特点是田间不需要一直保留淹水层，这一改变直接减少农田灌溉用水，同时降低了纹枯病等病害发生的几率，减少了农药的施用量。另外，节水抗旱稻比一般水稻根系更加发达，扎根深，吸水吸肥能力比较强，提高了肥料的利用效率。

节水抗旱稻可有效挖掘中低产田产量潜力。节水抗旱稻具有水稻高产、优质和耐高温干旱的突出特点，在大田生产上体现了一个“稳”字，降低了水稻生产中干旱缺水带来的减产风险，尤其在灌溉条件不足的中低产田可表现出显著的产量优势。

节水抗旱稻种植轻简，栽培上可采用旱种旱管、旱种水管、水种水管、机械旱条播等多种轻简化种植模式。在目前农村劳动力缺乏，土地流转后集约化种植要求有比较轻简的栽培技术来适应规模发展的需要，节水抗旱稻通过多年的推广，在直播方面形成比较成熟的配套技术，节水抗旱稻品种推广面积迅速增长。以公顷为单位计算，节水抗旱稻的旱直播和后期旱管，可以节省 20~35 个人工投入，另外减少灌溉用水次数，减少了水资源的使用和水运输的能源动力投入，可以减少 3750~4500 元每公顷的成本。而生育期短的品种可以进一步减少水费和人工的投入。节水抗旱稻的推广，契合现今绿色农业改革发展方向，轻简的栽培方式使得原先抛荒的田块具备开发价值，旱种旱管的种植模式使得因灌溉系统破坏的传统旱作田块得到持续利用和改良，农民也可通过规模种植增加收入。

## 六、高产低排放水稻品种及配套种植技术

### 技术规程

#### 1、高产低排放品种选育技术

通过监测  $\text{CH}_4$  排放，综合考虑产量、米质、抗性等，筛选一批甲烷排放低、综合性状优良的水稻品种。通常而言，收获指数高、穗大粒重、茎秆输氧能力强的品种具有高产和减排的潜力，主要减排机制是通过有效调整水稻植株有机物分

配更多向籽粒转移，提高根系泌氧能力，从而达到高产低排放目标。

## 2、节水灌溉技术

采用高产低排放水稻品种，配套进行中期晒田、干湿交替、薄浅湿晒等节水灌溉技术，增加土壤含氧量，减少甲烷的生成和排放。

## 3、三控施肥技术

该技术是以“控肥、控苗、控病虫”为主要内容的高产高效施肥新技术。通过控肥，减少氮肥用量，从而减少  $N_2O$  排放。

**氮肥总量控制：**根据目标产量和不施氮空白区产量确定总施氮量。以空白区产量为基础，每增产 100 公斤稻谷施氮 5 公斤左右。空白区产量可通过试验确定，也可通过调查估计。目标产量根据品种、土壤和气候等条件确定。

**氮肥的分阶段调控：**在总施氮量确定后，按照基肥占 40% 左右、分蘖中期(移栽后 15 天左右)占 20% 左右、幼穗分化始期占 30% 左右、抽穗期占 5%~10% 的比例，确定各阶段的施氮量，追肥前再根据叶色作适当调整。该技术的最大特点是“氮肥后移”，大幅减少分蘖肥，控制无效分蘖，在保证穗数的前提下主攻大穗。

**磷钾肥的施用：**在不施肥空白区产量基础上，每增产 100 公斤稻谷需增施磷肥(以  $P_2O_5$  计) 2~3 公斤，增施钾肥(以  $K_2O$  计) 4~5 公斤。在缺乏空白区产量资料的情况下，可按  $N:P_2O_5:K_2O=1:0.2\sim0.4:0.8\sim1$  的比例确定磷钾肥施用量。磷肥全部作基肥，钾肥在分蘖期和穗分化始期各施一半。

## 4、其它配套技术

水稻合理密植，保证基本苗数。每亩栽插或抛植 1.8 万穴左右，其中杂交稻基本苗数要达到 3 万，常规稻要达到 6 万。防治病虫害方面，采用“三控”施肥技术的稻田，纹枯病、稻纵卷叶螟、稻飞虱等病虫害较轻，可酌情减少施药次数。其它与现有习惯技术相同。

## 5、注意事项

保水保肥能力差的土壤，或者密度和基本苗不达要求的，应在插秧后 5~7 天增施尿素 3~5 公斤/亩。若前作是蔬菜或绿肥的，施肥量要酌情减少。

## 减排及协同效应

高产低排放水稻品种相比常规品种具有显著的高产高效特征，养分吸收利用

率、根系规模、收获指数均高于常规品种，通常可降低 15%~30%的甲烷排放，并协同降低氧化亚氮排放。若搭配高产种植技术如节水灌溉、精准施肥、三控施肥等，可进一步减少温室气体排放，并降低农业面源污染风险，是稻田低碳和可持续生产的可行技术

## **七、稻田免耕抛秧技术**

### **技术规程**

#### **1、免耕抛秧前施药**

免耕抛秧宜在水源充足、排灌方便、田面平整、耕层深厚、保水保肥能力好的稻田进行。要选择灭生性除草剂,例如内吸型灭生性的草甘磷类除草剂或触杀型广谱灭生性的百草枯类除草剂。在抛秧前 10~15 天施药，主要是用于防除稻田间及田边杂草喷药前的一周内，保持田块有薄水层，利于杂草萌发和土壤软化，施药时田块排干水，尽量选择晴天进行。均匀喷洒田间和田埂杂草，不能漏喷。施药后 2~5 天，稻田全面回水，浸泡稻田 7~10 天、待水层自然落干或排浅水后抛秧。

#### **2、抛秧时间**

水稻采用免耕抛秧栽培，抛后大部分秧苗倒卧在田中，适当的小苗抛植，有利于秧苗早扎根，较快恢复直立状态，促进早分蘖，延长有效分蘖时间，增加有效穗数。因此，免耕抛秧宜采用迟播早抛，秧苗叶龄在 3~4 叶左右，一般不超过 4.5 叶为好。抛秧应选在晴天或阴天进行，避免在大雨天操作，抛秧时保持大田泥皮水，施足基肥即可抛秧。

#### **3、抛植密度**

根据品种特性、秧苗素质、土壤肥力、施肥水平、抛秧期及产量水平等因素综合确定。免耕抛秧的抛植密度要比常耕抛秧的抛植密度有所增加，一般增加 10% 左右。

#### **4、水分管理**

与常耕抛秧方式比较，免耕稻田前期渗漏比较多，秧苗入泥浅或不入泥，大部分秧苗倾斜、平躺在田面，以后根系的生长和分布也较浅，对水分要求极为敏

感，因此在水分管理上要掌握勤灌浅灌、多露轻晒的原则。立苗期在泥皮水抛秧的基础上，继续保持浅水，以利早立苗。如遇大雨，及时将水排干以防漂秧。分蘖期一般水层可保持在 3~4 厘米。始蘖至够苗期，应采取薄水促分蘖。根据免耕抛秧够苗时间比常耕抛秧稻迟 2~3 天、高峰苗数较低、成穗率较高的生育特点，应适当推迟控苗时间，采取多露轻晒的方式。

### **减排及协同效应**

稻田免耕可以减少土壤扰动，降低土壤碳损耗，有利于土壤碳积累。同时，免耕可以减少机械耕作环节，节本省工，降低水稻生产中化石能源造成的二氧化碳排放。此外，免耕土壤具有更好的孔隙发育程度和优先流特征，对水分入渗和水土保持有重要作用。

## **八、水稻直播技术**

### **技术规程**

水稻直播栽培技术是指水稻种子不经过育秧和移栽，而直接将种子播于大田的一种栽培方法。

#### **1、品种选择**

选用优质高产、株型紧凑、耐肥抗倒的早熟品种。

#### **2、精细整田**

整地要做到早翻耕，让杂草、稻桩尽早腐烂。田块要分畦，畦宽 2~3 米，要求畦面高差不超过 1 寸。畦面软硬适中，一般在播种前 1~2 天平整好，待泥浆沉淀后再播种。要沟渠配套，沟沟相连，排灌方便，保证畦面不积水。

#### **3、适时播种，精细匀播**

直播稻要求在日平均温度稳定上升到 12~14℃时播种。早稻播种期一般在 4 月中旬左右，单季稻适宜播期 5 月上旬左右。早稻常规种亩播种量 3~4 公斤，单季杂交稻亩播种量 1~1.5 公斤。播种前要做好选种、晒种和浸种消毒，并催芽至破胸露白后才可播种，要求种子芽长为半粒谷，根长为一粒谷为宜。

播种前要求定量播种，先 70%，后播 30%，以保证播种均匀度。播种后轻塌

谷入泥，视天气情况保持畦面湿润状态。到秧苗 2~3 叶期要及时疏密补稀使植株分布均匀。

#### 4、防除杂草技术

经济有效地防除杂草是直播稻栽培技术的关键。直播田除草应抓好以下几点：1) 在杂草出土后进行机械耙地灭草，对老草较多的田块可以在翻耕前 7 天用灭生性除剂草甘磷兑水喷雾杀灭老草。2) 在稻田翻耕后每亩用 22% 苄乙可湿性粉剂 25.5 克拌土撒施，并要求保水 6 天左右，播种前三天放干水后整田直播。3) 播种后 2 天左右每亩用 17.2% 幼禾葆可湿性粉剂 200~250 克，对水 45 公斤喷雾进行封杀，要求施药后 3 天内保持畦面湿润。4) 秧苗 3 叶期后如果田块稗草、牛毛毡多每亩可选用 50% 二氯喹啉酸·苄嘧磺隆可湿性粉剂 30~40 克，对水 45 公斤均匀喷雾，要求喷前先排干田水，药后 24 小时再上水，并保持寸水 3~5 天。5) 中后期后视稻田杂草情况制定除草方案，若稻田千金子、稗草等禾本科杂草发生较重田块每亩可选用 10% 千金乳油 40~60ml 对水 50 公斤喷施；若阔叶杂草较重，每亩可选用 20% 二甲四氯水剂 200ml 对水 50 公斤喷施进行补治；要求喷前先排干田水，药后 24 小时再上水，并保持浅水 3~5 天。

#### 5、科学管水技术

科学管水是控制群体发展的重要方法。从播种到 1 叶 1 心期，要做到晴天平沟水，阴天半沟水，雨天排干水，保持秧板湿润而不淹灌。从 1 叶 1 心期到 3 叶 1 心期以湿润灌溉为主，促进根系下扎。秧苗 4 叶期后即进入分蘖长粗期，坚持间歇灌溉，干湿交替，促进扎根分蘖。当每亩茎蘖数杂交稻达到 30 万株左右，常规稻达到 40 万株左右时，要及时排水晒田，控制无效分蘖建立合理的群体。后期要干湿交替，防治断水过早。

#### 6、科学施肥技术

直播稻由于分蘖早、分蘖多，幼穗分化与抽穗早，以及根系分布浅，容易倒伏等特点，在施肥上要求重施基肥，少施分蘖肥，追施穗肥。一般亩产 550 公斤的直播稻，每亩需纯氮 15~17 公斤、五氧化二磷 6~8 公斤、氧化钾 8~10 公斤。具体施用如下：1) 施足基肥。基肥以有机肥与化肥相配合，采用全层施肥方法，不要面施。在大田翻耕时将腐熟的有机肥和 100% 磷肥、60% 氮肥、70%~80% 钾肥一次性施入 10cm 的土层中，以提高肥料利用率和缓慢发挥肥料作用，促使根

系向下生长。2) 少施分蘖肥。分蘖肥追施占总量 30%氮肥。3) 巧施穗肥。穗肥可在拔节后追施,用占总量 10%氮肥和 20%~30%钾肥,以促使幼穗分化和提高结实率。后期视水稻长势,可用叶面肥美洲星或磷酸二氢钾进行叶面喷肥防早衰。

## 7、防治水稻病虫害

直播稻由于群体较大,根系分布浅,在抽穗扬花期要重点预防纹枯病发生和稻飞虱为害。防治纹枯病可选用 20%井冈霉素粉剂或 15%三唑酮可湿性粉剂兑水喷雾;防治稻飞虱可选用 25%噻嗪酮或 25%噻虫嗪兑水喷雾;要求施药时要兑足水量,喷施于水稻中下部。同时还要做好稻瘟病、稻螟虫、稻蓟马等病虫害防治。

### 减排及协同效应

水稻直播相比水稻育秧移栽可减少甲烷排放 16%~50%,省工、省力,劳动生产率高,免去了育苗移栽用工和秧苗期温室气体排放,尤其有利于机械化操作和飞机播种,更能节省大量人工和减轻劳动强度,提高了劳动生产率。与人工插秧相比,劳动效率可提高 1.5 倍以上,更适于规模经营。但水稻直播一定程度增加了杂草风险,因此要特别关注生产过程中植保工作。水稻直播不占用秧田,提高土地利用效率。由于直播稻直接在大田中播种,无需育秧和专用秧田,在一年一熟不存在前后茬矛盾的地区,可提高土地利用效率。在多熟制季节矛盾不突出的地区,可减少前茬作物的因预留秧田而不能种植的产量损失。但在茬口季节紧张的地区一般不采用,以免影响周年单位面积产量和效益。

水稻直播可缩短水稻生育期,没有拔秧断根和移栽后返青活棵过程,能提早分蘖,加快生长发育,同时因直播稻分蘖早,有效穗数多,每穗总粒数减少,其灌浆结实成熟时间也相应缩短,因而直播稻的全生育期缩短。一般直播稻的生育期比同品种同期播种的移栽稻生育期缩短 10 天左右,对多熟制生产有利,只要品种搭配适当,也有利于水稻增产。

水稻直播经济效益好,生产成本大幅度降低,投入产出率增高。一般每公顷可节省用工 60 个左右,减少施用尿素约 60 千克左右,节省生产成本 750 元左右,单位投入产出率比移栽稻高 20%~25%,经济效益显著提高。

## 九、水稻测土配方施肥技术

### 技术规程

水稻测土配方施肥是一种基于土壤测试和田间试验的技术，其目的是平衡施肥以及最大限度地提高水稻产量和质量。通过水稻的养分需求、土壤性质和肥料效果，来确定合适的有机肥和化肥的用量、施肥时间和方法，从而为水稻种植提供定制化的土壤养分管理方案。以下为水稻测土配方施肥技术的详细步骤。

#### 1、土壤测试

根据不同的土地类型取样，并根据面积确定取样点数。通常，水稻田的取样深度是0~15厘米。取样后，对土壤样本进行实验室分析，包括测定土壤pH、土壤内有效水含量、有机质含量、有机碳含量、氮元素及全氮含量、铵态氮含量、氯离子、硫酸根离子、金属离子、阳离子交换量、交换性钙等。

#### 2、试验分析

进行田间比对试验，设置缺氮、缺磷、缺钾以及全部氮磷钾四种处理，氮磷钾总量比例一般为1: 0.4~0.6: 1~1.5左右，根据当地传统施肥量酌情考虑，设置3~4次重复。以缺素区作物产量与全部氮磷钾区产量之比为相对产量，以相对产量为纵坐标，以有效养分提取测试值为横坐标绘制曲线，同时制作土壤有效养分分级指标以供配方参考。

#### 3、施肥配方确定

在测土的基础上，根据土壤特点、栽培习惯、作物品种的需肥规律、生产水平及气候特征，确定氮、磷、钾最佳用量和比例，然后选择合适的肥料，包括单质肥料、复合肥料和有机无机混合肥料等，进行科学搭配。在施肥过程中，需要注意以下几点：1) 施足基肥，主要使用有机肥，辅以化肥，这有助于改善土壤通气性和保水性，促进水稻生长。2) 控制氮肥的用量，适量施用氮肥有助于促进水稻生长，但过量使用会导致问题。重视磷和钾肥的施用，这些元素对水稻生长非常重要，可以提高产量。3) 适量补充中微量元素，如硅、钙、镁和硫，这些元素有助于提高水稻的抗逆性和抗病能力，促进生长。

### 减排及协同效应

测土配方施肥技术通过科学合理地降低氮肥施用量、精准施氮来减少氧化亚

氮排放，相比传统施肥方式可有效降低氧化亚氮排放 20%~45%，对稻田甲烷减排也具有一定正面效果。测图配方过程中减量施用化肥并增加有机肥施用，可增加土壤有机碳储量。此外，测土配方施肥技术能显著提高肥料利用率，达到作物增产、节约成本的目的，并降低稻田氨挥发、活性氮和磷的径流淋溶损失，减少农业面源污染风险。

## 十、水稻机械侧深施肥技术

### 技术规程

水稻机械侧深施肥技术是一种现代化的水稻肥料施用方法，旨在提高水稻产量和质量，减少肥料的浪费和环境污染。这种技术结合了机械操作和科学施肥原则，通过深度施肥来满足水稻不同生长阶段的养分需求。以下是这项技术主要流程。

#### 1、农机准备

准备好用于机械侧深施肥的农机设备，如深施肥机、拖拉机等，一般选用带有侧深施肥装置的施肥插秧一体机或者在已有插秧机上加挂侧深施肥装置，主要分为气吹式和螺旋杆输送式两种类型，确保这些设备处于良好的工作状态，以避免施肥过程中的故障。

#### 2、肥料选用

选择具有合理氮磷钾配比、均匀颗粒、适度硬度的肥料。对于一次性施肥，最好选用含有一定比例缓慢释放养分的专用肥料。对于基施和追肥结合的情况，可以考虑使用标准配方肥或复合肥，肥料应为球形颗粒，直径在 2~5mm 之间为佳。颗粒应分布均匀，密度一致，理化性质稳定，硬度应大于 20N，手捏不易破碎，不易吸湿，不粘连，也不结块，以避免肥料通道堵塞的问题。

#### 3、施肥方案确定

制定施肥方案时，需要考虑作物品种、土壤肥力以及目标产量，以确定适当的肥料配方、施肥量和使用比例。一般情况下，侧深施肥的氮肥投入量可比常规施肥减少 10%~30%，为确保有效的施肥效果，建议最低施肥量每亩不低于 50 公斤，倡导采用一次性施肥的方式。做好基肥与追肥运筹，氮肥基蘖肥占 50%~70%，

追肥占 30%~50%，可根据实际情况进行调整；磷肥在土壤中的移动性较差，可一次性施用；钾肥可根据土壤质地和供肥状况，选择一次性施用或适当追肥。

#### 4、前茬秸秆处理

重点关注前一季作物的秸秆处理，确保切割均匀并均匀分布在土地上，同时确保联合收割机的切割高度 $\leq 15\text{cm}$ ，秸秆切割长度 $\leq 10\text{cm}$ 。切割秸秆的合格率应该达到 90%以上，确保秸秆分布均匀度至少达到 80%。对于高留茬和粗大的秸秆，应该使用专用的秸秆粉碎机将其粉碎后再进行田地的耕作。如果前一季作物是绿肥，及时将其翻入土中并保持湿润以促使其分解。如果采用犁耕，确保将秸秆残留物埋入土中的深度在 15~25cm，并确保漂浮率 $\leq 5\%$ 。如果使用旋耕机进行整地，秸秆残留物的混埋深度应在 6~18cm，漂浮率 $\leq 10\%$ 。

#### 5、施肥深度

在机械插秧或机械直播的过程中，需根据品种选择合适的栽插（播）密度。在机械操作时，务必保持匀速作业，以避免损害幼苗、确保均匀株距，并同时 will 肥料准确地施于幼苗的侧位，施肥的深度应保持在 4~6cm。在进行操作时，需要定期检查肥料箱中的肥料储量，及时添加肥料，以免出现肥料不足的情况。

### 减排及协同效应

水稻机械侧施肥技术相较于肥料撒施，可以有效降低氮肥的使用量，从而减少稻田  $\text{N}_2\text{O}$  排放 30%~58%，并协同减少  $\text{CH}_4$  排放 25%~43%。与常规施肥相比，机械侧深施肥使用专业设备将肥料直接输送到水稻根部附近，减少了浪费和环境污染的可能性，降低了氨挥发，最大程度地减少了养分的径流淋溶损失，改善了土壤质量。机械侧深施肥技术使养分在根系周围分布更均匀合理，有助于促进根系健康生长，助于增加水稻产量并改善稻米品质。

## 十一、水稻减排增效型肥料

### 技术规程

#### 1、缓控释肥

缓控释肥料包括缓释肥和控释肥，缓释肥一般采用化学或生物的手段将肥料

养分以稳定的形式存在，在施用到土壤后可以转化为植物可直接吸收的养分，释放速度比普通速溶肥料慢，因此能延长肥效期。控释肥利用现代植物营养理论和控制释放技术，通过物理包膜等控制机制，使肥料养分的释放速度与作物的生长需要相匹配。“缓释肥”通常以“控释肥”一词出现，因此在实际应用中并未将“缓释肥”与“控释肥”进行严格区分。控释肥和缓释肥的类型按照其溶解性释放方式通常分为 3 种类型：1) 物理障碍性因素控制的水溶性肥料，如包膜颗粒肥料和基质复合肥料，包膜颗粒肥料又可进一步划分为有机聚合物包膜肥料（热塑性和树脂类）和无机包膜肥料（如硫磺、矿物质包膜）；2) 微溶有机氮化合物，可进一步划分为生物可降解的微溶有机氮化合物（如脲甲醛和其它脲醛缩合物）和主要以化学降解的化合物（如异丁烯环二脲）；3) 微溶性的无机化合物，如金属磷铵盐、部分酸化磷酸盐等。

目前，在我国主要使用有机缓释肥、无机低溶性缓释肥和物理障碍型控释肥。在水稻的缓控释肥中，通常选择高氮、中磷、中钾的控释肥。对于磷钾含量较高或者惯于还田秸秆的地区，可以适当减少磷钾的比例。水稻的推荐施肥量根据目标产量不同而有所不同。对于目标产量低于 450 公斤/亩的常规优质稻，建议每亩施肥 35~45 公斤；对于目标产量在 450~600 公斤/亩的常规高产稻和杂交稻，建议每亩施肥 45~55 公斤；对于目标产量高于 600 公斤/亩的超高产水稻，建议每亩施肥 55~65 公斤。一次基肥施用后，通常不再需要追肥，除非遇到天气极端情况，如大暴雨或低温阴雨。

肥料应该在移栽前或犁翻田地后施用，施肥后需进行 1~2 次耙田，以确保肥料均匀分布在土壤中，发挥长效控释效果。对于砂质土壤或保水能力差的稻田，建议分次施肥，一般可在基肥时施用 60% 的肥料，其余肥料在移栽后的 20~30 天内施用。施肥时要确保均匀撒施，以保证水稻植株能够均匀获得养分。在施肥后的前三天内应避免排水。在早稻移栽初期，如果遇到低温天气，建议增加灌水量。对于每亩产量超过 500 公斤的品种，建议分 2~3 次施肥，70%~80% 的肥料作为基础施肥，其余在移栽后的 30~40 天内施用。

## 2、脲酶/硝化抑制剂

尿素因其较高的含氮量被作为农业生产上最常用的氮肥，尿素施入土壤后，在脲酶的水解作用下，生成铵态氮供作物吸收利用。土壤中的铵态氮在硝化细菌

的作用下，产生硝化过程，转化为硝态氮，并随水流失，进而造成氮素损失。由于脲酶抑制剂可以通过抑制脲酶活性以达到延缓尿素水解为铵态氮的目的，硝化抑制剂可以抑制铵态氮的硝化作用，从而减少硝态氮的形成、淋失以及随后的反硝化损失，二者常被用在农业生产上以提高氮肥利用率，降低农业面源污染和温室气体排放。

脲酶抑制剂有无机物和有机物两大类，其中以有机物为主。无机物主要以铜、镍等元素的不同价态离子为主，有机物主要包括氢醌、硫代磷酸三酰胺、苯基磷酸二胺等，常用的硝化抑制剂包括 3,4-二甲基吡唑磷酸盐、双氰胺、1-甲氨甲酰-3-甲基吡唑等。脲酶抑制剂通常在植物播种或施肥之前施用，这可以帮助延缓尿素和其他氮肥的分解，以减少氨气损失，并提供更稳定的氮素供应给植物。

施用剂量通常根据氮肥的类型和土壤条件而变化，一般建议根据氮肥的含量以及土壤中脲酶的活性来确定剂量。通常脲酶抑制剂的剂量较小，一般为施氮量的 1%~2%，与氮肥混合后均匀施入土壤中。硝化抑制剂施用剂量需根据氮肥的类型、土壤性质和目标减少硝化速率的程度而定，通常为施氮量的 0.5%~1%，混合在氮肥中均匀施用。脲酶抑制剂和硝化抑制剂施用剂量建议根据具体水稻种植管理措施进行调整，通过两种类型的抑制剂搭配使用，以达到最佳的减排增产效果。

### **减排及协同效应**

缓控释肥通过调控土壤中养分释放速率，脲酶抑制剂和硝化抑制剂通过抑制土壤脲酶水解和硝化反应进程，实现稻田养分的长效供给，同时刺激甲烷氧化菌的生长和活性，协同实现稻田氧化亚氮和甲烷的减排。通常而言，相比于常规普通氮肥，缓控释肥和添加脲酶/硝化抑制剂的氮肥可降低稻田氧化亚氮排放 38%~65%，降低甲烷排放 13%~36%，降低氨挥发和养分的径流淋溶损失，并显著提高水稻养分利用效率，产量增长可达 15% 以上，实现水稻丰产增效和绿色低碳的共赢。但由于缓控释肥和脲酶/硝化抑制剂相比常规肥料成本较高，通常情况下可根据具体生产情况减量 10%~20% 施用，以节约成本。

## 十二、水稻复合菌剂施用技术

### 技术规程

复合菌剂是由多种互不拮抗的微生物菌种组成的制剂，一般具有种类全、配伍合理、功能性强、经济效益高等优良特点。水稻复合菌剂施用是一项重要的农业实践，旨在提高水稻产量品质、改善土壤健康以及减少病虫害的发生。

#### 1、菌种选择

选择适合当地气候、土壤类型和水稻品种的复合菌剂及菌种十分重要，复合菌剂通常包括以下类型的微生物：1) 固氮细菌：常见的固氮细菌包括根瘤菌（需配合豆科作物轮作使用）和非根瘤菌（自生固氮菌），此类微生物有助于将大气氮气转化为植物可吸收的氮。2) 解磷解钾细菌：可以分解和活化土壤中难溶性的磷和钾，促进速效磷和钾的施肥，进而提高水稻养分吸收利用效率。3) 生防菌：帮助水稻抵抗病原体，减少病害发生，其作用原理是利用微生物种间或种内的抗生、竞争、重寄生、溶菌作用，或者通过微生物代谢产物诱导植物抗病性等，来抑制某些病原物的存活和活动。4) 其他益生微生物：一些复合菌剂可能包括其他益生微生物，如酵母菌、乳酸菌、反硝化菌等，以消除稻田次生毒害物质，增强水稻的生长和抵抗力。

#### 2、配置方法

复合菌剂产品通常以粉末或液体形式提供。将适量的复合菌剂或菌液加入到清水中稀释，并添加等质量的红糖进行活化，搅拌均匀，活化 4~12 个小时。一般情况下，菌剂或菌液兑水稀释 50~200 倍，可根据实际情况对菌剂和水的配比进行调整。在配制过程中，要确保使用干净的容器和工具，以防止杂质或杂菌的污染。

#### 3、施用方法

复合菌剂可以通过多种方法施用：1) 种子处理：将水稻种子浸泡在复合菌剂溶液中，通常需要浸泡 15 分钟至数小时，取决于复合菌剂的浓度。确保种子均匀浸泡，之后将种子晾干，准备用于播种。2) 根部浇灌：在水稻幼苗期或移栽时候，复合菌剂可以与水一起浇灌到根部周围的土壤中，这有助于建立有益微生物与水稻根系的共生关系。3) 叶面喷施：在水稻生长期间，可以使用稀释的复合菌剂喷洒在水稻叶片上，这有助于提高水稻的抗病虫害能力；在病虫害多发

的季节，可以增加复合菌剂的施用频率以增强水稻的抵抗力。

### **减排及协同效应**

水稻施用复合菌剂可提高土壤微生物多样性和作物抗性，促进稻米增产和改善品质，并协同降低稻田甲烷和氧化亚氮排放。复合菌剂合成的抗氧化物质、氨基酸、糖类和各种生理活性物质可刺激水稻植株的生长，促进土壤中的其他有益微生物活跃壮大，提高水稻根系养分吸收能力。同时，复合菌剂有助于改善土壤环境，抑制有害微生物和病原菌，丰富有益微生物，活化土壤中磷、钾，提升稻田土壤自有固氮能力，并改善土壤的酸、碱、粘、沙和易涝、易旱等不良性质，促进团粒化，提高土壤的保水和透气性能。

## **十三、稻田秸秆腐熟还田技术**

### **技术规程**

#### **1、秸秆快速腐熟还田技术**

使用菌剂在稻田中将秸秆快速腐解转化为生物有机肥的快速还田技术是一种效率高、操作简单的低碳生产方法。这一技术不受季节和地域影响，节省人力物力，适用于秸秆资源丰富的区域，包括干草和鲜草都可用于处理。这不仅最大限度地利用了秸秆资源，也有助于环境保护。

秸秆快速腐熟还田技术具体步骤如下：1) 在水稻前茬作物收割后将秸秆收齐，通常用割草机或联合收割机来完成，粉碎成长度 10~20cm 的秸秆，秸秆均匀平铺于稻田中，清除田间杂草。2) 对稻田喷洒施加秸秆腐熟剂，并灌溉一次形成浅水层（1~3cm），由于秸秆碳多氮少，土壤微生物在分解秸秆的过程中与水稻竞争土壤中的氮素，通过施加氮肥如尿素，来调整秸秆腐解的碳氮比例，以更好地满足降解秸秆的微生物的需求特性，提高其活性和数量，进一步加速秸秆还田后的分解速度。秸秆腐熟剂和尿素的施用量根据当地土壤肥力、作物品种及目标产量而定。3) 采用大马力旋耕机进行旋耕整地作业，粉碎稻茬，并使秸秆与土壤充分混合，旋耕深度 $\geq 10\text{cm}$ ，稻茬粉碎率 $\geq 95\%$ ，埋茬深度 $\geq 10\text{cm}$ 。稻田秸秆还田后，可按照每亩增施石灰 20~30 公斤，改良秸秆还田后产生的有机酸，并

达到一定的杀菌目的，减少秸秆还田后病虫害风险。

## 2、秸秆堆沤腐熟还田技术

秸秆农家肥堆沤腐熟是将秸秆堆积在田间地头，混入畜禽粪尿液等农业废弃物和腐熟剂，密封发酵腐熟后制成农家肥再施入稻田。秸秆自然发酵技术最大的优点是简单方便，但由于发酵温度低，发酵时间长，降解效果差，木质素和纤维素降解不完全，细菌含量高。为提高堆肥效果，缩短堆肥时间，可采取添加发酵菌营养液、降解菌等措施，例如酶菌催腐剂堆肥技术、催腐剂堆肥技术和酶菌催腐剂堆肥技术，可加速木质素、纤维素和半纤维素等有机物的分解和腐烂，提高堆肥效果。

秸秆堆沤腐熟还田的具体步骤如下：1) 备料。每 500 公斤秸秆添加促腐菌剂 0.3~0.5 公斤，尿素 2.5~3.5 公斤或碳酸氢铵 4~6 公斤，氮肥可以用 10%~20% 的人畜粪便代替。2) 挖槽。挖宽 1.5~2 米、深 0.3~0.4 米的低槽，长度根据秸秆量而定，并将挖出的泥浆作为周围的脊梁，防止肥水流失，可留部分用于压膜。3) 堆放。秸秆浇水按含水量的 60%~65% 的标准堆放秸秆，一边堆积一边加入粪便或氮肥调节碳氮比，并均匀撒入秸秆腐熟菌剂，堆高一般为 1.5~1.8 米为宜，浇足水，轻轻拍实。4) 密封。用农膜覆盖，密封严实，周围用土压实，防止跑气。一般夏季 20~30 天，冬季 50~60 天可堆腐成肥还田。

### 减排及协同效应

相比于秸秆直接还田，腐熟还田后可显著降低稻田甲烷排放 29%~75%，且不会因为与水稻竞争氮素而影响生长，病虫害风险也极大降低。水稻秸秆有机物含量丰富，腐熟还田后会有助于提高土壤碳储量，改善土壤的结构，促进土壤微生物活性，提高土壤保水保肥的能力。

## 十四、稻田秸秆炭化还田技术

### 技术规程

生物炭是生物质在部分或完全缺氧条件下，经高温慢热炭化产生的一种含碳量极高、不易分解、高度芳香化的固态黑色物质。以田间秸秆作为生物炭制备的

原料来代替露天焚烧的处置方式具有较高的应用价值，秸秆炭化还田可消除秸秆直接还田导致的水稻僵苗、黄苗等影响，也有助于改良土壤性质。

稻田秸秆炭化还田技术步骤如下：1) 稻田中收集新鲜的秸秆，包括水稻、小麦、油菜等，烘干或自然风干。2) 将干燥后的秸秆放入炭化炉中进行高温炭化处理，一般在 450~600 度高温条件下热解制成生物炭。秸秆炭化可以采用连续式炭化炉，不仅处理量大，而且能回收利用可燃气作为燃料，不需要额外热源，节能效果好。3) 将经过炭化处理后的秸秆生物炭碾碎（也可不碾碎直接施入），在水稻种植前将秸秆炭均匀施入稻田，随后淹水泡田耕地，将土壤与生物炭重复混合；也可将秸秆炭与其他有机肥均匀混合，制成生物炭有机肥，这种肥料既可以直接施用于农田，也可以作为基肥和追肥的原料，为作物提供养分和改善土壤结构。

### **减排及协同效应**

稻田秸秆炭化还田相比直接还田能显著减少甲烷排放 45%~65%，减少氧化亚氮排放 20%~42%，并提高土壤质量和固碳能力，改善土壤结构，增强保水保肥能力，使水稻增产 10% 以上。秸秆炭化还田是实现秸秆资源化利用的低碳环保方式，在炭化过程中可起到杀菌除害的作用，有助于减少秸秆直接还田导致的土传病害和虫害，但目前秸秆炭化还田需要进行专业的处理和设备投入，同时炭化过程中还需要一定的燃料消耗和人工投入，成本较高。

## **十五、稻田综合种养技术**

### **技术规程**

#### **1、稻鸭共养技术**

稻鸭共养是一种农业养殖方法，其核心概念是将仅出生约十到二十天的幼鸭引入水稻田中。鸭子在这个系统中扮演多重角色，它们不仅能吃掉杂草和害虫，还通过它们的运动促进了水稻的生长，提高了水中氧气的含量。与此同时，鸭子的粪便也成为了有机肥料的重要来源。而水稻田则为鸭子提供了足够的水源和食物，同时也提供了它们日常活动的场所。

在种植水稻前，确定种植区域并进行田地准备工作，确保水田的排水系统完善。选择适合在稻田中自由穿行的中小型鸭种，它们具有较高的食量、抗粗饲料能力强、成本较低、对露宿和逆境有很好的适应能力。公鸭生长速度较快，肉质鲜嫩，母鸭具有高产蛋率。其次，关注雏鸭的良好培育。考虑到早春气温较低，需要特别注意保暖防寒措施。同时，提供少量浸湿的碎米、碎玉米和细麦糠，并适量添加维生素和蛋白质。通常，在饲养室内设置浅容器，盛放清水，以供雏鸭游戏和锻炼，以提高它们对水的适应能力。当雏鸭达到 20~25 日龄，每只体重约为 150 克时，可以将它们放到稻田中饲养。根据水稻生长情况选择放鸭时间，一般以秧苗返青、开始分蘖时放鸭。但要根据季节灵活掌握，夏秋季气温高时，雏鸭可小一些；早春或秋末气温低时，放牧的雏鸭要大一些。

在稻田中养殖鸭的时候，通常每公顷的鸭群密度保持在 100~300 只之间，这样有利于避免鸭群过于拥挤，从而减少对稻苗的踩踏。同时，这种密度也使得鸭群可以分散到整个田地，寻找食物，以达到均匀控制田间害虫和杂草的目标。在释放幼鸭时，最好在鸭群中加入 3~4 只大鸭，这样它们可以起到预警外敌的作用，同时在恶劣天气中带领其他鸭子寻找庇护。为了增强雏鸭的抗病能力，在放养之前，每只鸭需要接种鸭瘟、鸭病毒性肝炎等疫苗。刚放养 10 天左右的雏鸭觅食能力较差，因此需要在早晚时间提供一些易于消化且富含营养的辅助饲料，以满足雏鸭早期生长和发育的需求。

在稻田内觅食时，需要保持浅层水，以确保鸭子的脚可以触及土表下的水，这有助于鸭子通过搅拌泥土来起到中耕和松土的作用，促进水稻的根系和分蘖的生长和发育。此外，还可以采用分片灌溉的方法，以满足水稻晒田的需要。具体操作方法是在一片水稻田中，将其中一半的田保持在水中，然后将鸭子引导到其中，而另一半则进行排水以达到所需的水位。或者，可以将鸭子引导到田边的河流或塘中停留 3 到 4 天。为了不干扰鸭子在稻田内觅食和生长，最好在移栽水稻之前一次性施用足够的肥料。主要施用腐熟的长效有机肥料（例如枯饼 750 公斤/公顷）和复合肥料（例如 225 千克/公顷），追肥可以使用鸭子的排泄物和腐烂的绿萍来代替。

水稻田中的害虫主要通过鸭子的捕食来进行控制，但是对于水稻瘟病、纹枯病、稻纵卷叶虫等疾病的防治，还需要使用高效低毒、低残留的农药。在喷洒农

药时，需要确保及时将鸭子撤离田地，等待安全间隔期后再将它们释放回去。

## 2、稻鱼共养技术

稻田养鱼是一种将水稻种植与鱼类养殖有机融合在一起的立体种养模式。在这个立体种养模式中，鱼类充当着稻田的天然除草工，而且它们的排泄物富含氮、磷、钾等有益养分，为稻田提供了优质的肥料。通过觅食，鱼类轻松改良了土壤结构，增进了土壤的通透性，并且它们还在吃掉稻田中的大部分虫卵和幼虫，有效地减轻了病虫害的发生。这种创新的稻田养鱼模式不仅稳定地产出水产品，还有助于减少对化肥和农药的需求，有效控制了面源污染，同时也保障了高质量的稻米产出。

选择水源充足、不受干旱或水涝影响、水质清新没有受到污染的田块来建设养鱼稻田。在选址上，确保田间的排灌渠道完善，土壤比较富饶、有保水和保肥的特点。另外，需要对田块的田埂进行加固，提高田埂高度约 40cm，以防止塌陷、漏水、鱼跃出田外、鸟类啄食和老鼠打洞。在田块内部，应当挖掘鱼溜和鱼沟，同时设置进水口和排水口。这两个口应呈对角线分布，这有助于有效地防止鱼类逃逸。在投放鱼苗之前，进水口和排水口处需安装坚固的拦鱼网，确保网桩深度约为 30cm，同时要确保网的孔隙大小适合鱼的规格，以保证不会发生鱼类逃逸的情况。

在水稻移栽前对稻田进行清田消毒，每亩撒施 40~50 公斤生石灰或 4~5 公斤漂白粉，消除有害生物，消灭病菌源。在选择水稻品种时，应优先考虑株型紧凑、具备强大抗病虫能力以及耐肥性和抗倒伏性的高产杂交良种。为了最大程度地优化养鱼稻田的种植方式，建议采用宽行窄株的方式，将水稻东西向种植，并在鱼沟两边适度增加栽插密度，以充分发挥边际效应。在进行播种前，必须对种子进行一系列处理，包括晒种、消毒、浸种和催芽。为了培育健康的秧苗，可以采用两段育秧技术，即温棚催芽和育苗阶段，或者选择水稻湿润育秧技术。有条件的话采取温棚催芽育苗两段育秧技术。

选择耐浅水、低氧、食性广的鱼类，如鲫鱼、草鱼等。待水稻移栽后 10 天左右，秧苗返青后即可投放鱼苗，放养密度为每亩 7.5~10 公斤。稻田施肥应遵循“有机肥为主，无机肥为辅”的原则，注重基肥，减少追肥，总施肥量要减少 30% 以上。底肥的用量应根据土壤肥力进行考虑，追肥的需求应根据前期施肥和田间

苗情进行评估，最好采用复合肥，并注意施肥的方法。定期监测和管理水稻田和鱼塘的水质，以及水稻和鱼类的病虫害情况。采取适当的措施来保持健康的生长环境。在高温季节，每半月应采取以下措施来保护鱼的健康：每亩用 1~2 公斤生石灰或 0.5~1 公斤漂白粉，经化水后均匀撒播于鱼沟和鱼溜，以预防细菌性和寄生虫性鱼病。同时，可以使用土霉素或大蒜素与饲料混合喂养鱼类，以预防肠炎病。若发生鱼病，可先缓慢排水，将鱼逐渐赶到鱼沟鱼溜内，按池塘养鱼的鱼病治疗方法，对症用药，一般施用渔药 2~3 天后，应将稻田水位复原。

### 3、稻蟹共养技术

稻田养蟹是利用稻蟹共生，使能量和物质向有利于水稻和河蟹生长的方向流动，从而形成良性循环，形成资源的合理利用途径。以下是稻蟹共养技术详细步骤。

选择土壤肥沃、水源充足、排水通畅、地势平坦、无污染的稻田来进行蟹养殖。在养蟹的稻田中，坝埂的构建至关重要，应确保坚固无漏洞。坝埂的高度应保持在 0.7~0.8 米，顶部宽度为 0.5 米，坡度比为 1: 1.25。此外，需要在距离坝埂 1 米的地方挖掘一个 0.5 米深、0.5~1 米宽的环形沟。挖掘的土方应叠放在坝埂上并紧实，这将有助于设置防逃墙，并使回捕更加便捷。

选择抗病害、肥力强、秸秆坚硬、不易倒伏的高产水稻品种，并采用宽行密株栽插的方法，适度增加田边栽插密度，以充分发挥边际土地的优势，提高水稻的产量。在蟹的放养方面，建议每千克蟹种数量在 40~60 只之间，每亩放养 20~30 千克。也可以选择规格为每千克 100~200 只的蟹种，每亩放养 10~15 千克。重要的是确保放养的蟹种符合上市的标准：幼蟹应具备整齐的规格、完整的肢体、健壮的体质，以提高放养的成活率。稻田的水以呈浅绿色、透明度 40cm 以上、昼夜无变化的清瘦水质为主，pH 值 7.5~8.5。

稻田在放蟹苗前一周进行排水晒田活动，并喷洒生石灰乳液，杀灭病菌和毒害生物：放养前用 4% 盐水或 50~100mg/kg 福尔马林溶液浸泡 8~10 分钟，放养时要均匀、分散投放，避免过于集中造成相互争斗，降低成活率。蟹苗在水稻插秧结束后或水稻分蘖后期进行投放，以确保不会影响水稻的正常生长和分蘖。根据蟹苗的年龄，需要调整投放饵料的数量和频率。为了防止蟹苗过早成熟，需要适度控制它们的摄食量。而在蟹苗成长后期，应提供足够的食物，以促进河蟹的生

长，帮助它们快速蜕壳，一直到性成熟。成蟹规格越大，价格越高，因此在整个饲养阶段，包括蜕壳前后，仍需给予较多营养，并尽可能增加动物性饲料的比例，使之实现同步蜕壳，减少螃蟹之间相互残杀，有条件的可投喂全价配合饲料。

河蟹对化肥和农药十分敏感。在稻田养蟹时，最好避免使用农药。如果必须使用，应选择高效低毒的农药。在使用农药时确保田水充分灌满，将农药液体以雾状方式喷洒，使用较低浓度的农药喷雾，以最大程度地减少对河蟹的不利影响，喷后立即排干积水，重新灌入新鲜的水，避免或减轻药害。在施肥方面，建议在稻田中施足基肥，而追肥时应优先选用有机肥。如果必须使用化肥，务必格外注意不对河蟹造成负面影响。加强田间水分管理，前期一般不换水，8月份后天气高温，每两三天换一次水，每次换水时间大约3小时左右。

#### 4、稻虾共养技术

稻虾共养是一种可持续农业生产系统，在水稻种植过程中养殖克氏原螯虾，这种共养方法不仅能提高土地和水资源的使用效率，还能通过相互促进增加经济效益和降低生产成本。

建议选择水源充足、土壤保水保肥能力强、周围无污染且水质良好的稻田，便于排放和灌溉，并且拥有充足的阳光。稻田面积应考虑方便管理和投喂的原则，一般以40~50亩为一个种养单元为最佳选择。建议优先选择已有沟渠系统便于利用的稻田，从而减少养虾建设工程的成本。在每个养殖单元内应当挖掘一条环形沟，其位置应距离田埂约1.5~2米处。环形沟的宽度应为2~3米，深度为1~1.5米，而外侧田埂的宽度大约为2米。对于位于靠近水源一侧或多侧的稻田，建议挖掘虾沟，其距离田埂内侧约0.5~1米处。虾沟的宽度应为3~4米，深度为1.2~1.5米，坡度为1:1。虾沟的形状可以是“一”字型、“L”型或“U”型。若稻田的面积达到50亩以上，建议在田地中间开挖“十”字形田间沟，其宽度为1~1.5米，深度为0.6~0.8米。需要注意的是，挖掘的虾沟和田间沟的总面积应不超过稻田总面积的10%。

加固田埂，确保田埂高于田面1~1.2m，同时在虾沟和大田之间垒一高0.3~0.4米、宽0.4~0.5米的内埂。然后用尼龙网设置周边防逃网，每隔1m用木杆支撑固定，上部高出田埂50~60cm，下部埋入土中10~20cm，尼龙网上部20cm不固定，形成向内倒挂，防止龙虾逃逸。

稻田改造完成后进行消毒活动。对于虾沟的消毒，可选择使用生石灰，每亩稻田需使用 100~150kg 的生石灰，在虾沟中进行充分撒布，以彻底清洁沟渠，杀死野生鱼类、害虫和致病菌。针对已经有留田亲虾的稻田，可采用茶粕进行消毒，每亩稻田需使用 20~5kg 的茶粕进行消毒处理。

对于初次养虾的稻田，每亩应施用 300~500 公斤充分发酵的畜禽粪肥于虾沟和大田中，并利用旋耕机将其混入表层土壤，深度约 10~20 厘米。而对于已养虾一年以上的稻田，由于田里已经有大量的稻草和小龙虾残留，这些稻草和小龙虾粪便在腐烂后为水草提供了充足的有机肥料，所以通常不需额外施肥。施肥 5~7 天后注水，前期水深 10~20cm 左右，后期随着水草生长水位逐渐增加到 40~70cm。在养殖沟内种植伊乐藻、轮叶黑藻、苦草等水生植物，种植面积约占沟渠面积 40% 左右。伊乐藻在清沟后的早春季节种植，轮叶黑藻和苦草在 3 月份种植。

三月中旬左右将虾苗按照 20kg 每亩左右投入稻田中，一般选择晴天早晨或阴雨天进行。虾苗规格要一致，以避免互相争斗。注意在放苗前用 3%~5% 食盐水浸泡 10 分钟，杀灭寄生虫和致病菌。放养初期田间水深保持 10cm 左右，随着龙虾的繁衍生长，后期逐步调节水深至 20cm 左右。排水晒天时，缓慢排水，以便将田间龙虾随水下到养殖沟中。定期投食，前期投放豆浆，后期主要投放豆渣、饼粕为主。4 月至 6 月水稻栽种前收获成虾。8 月至 9 月中稻收割前投放亲虾，或 9 月至 10 月中稻收割后投放幼虾，在第二年的 4 月中旬至 5 月下旬收获成虾，同时补投幼虾，5 月底、6 月初整田、插秧，8、9 月收获虾，以此循环。在龙虾的养殖过程中，要注意水分管理，一般每 20 天左右换一次水，换水量在二分之一左右。

### **减排及协同效应**

稻田综合种养是我国一种古老而传统的稻作模式，在长江中下游稻作区尤为常见，是根据稻田生态特征、水稻生物特征与动物（鱼、虾、蟹、鸭等）生活特性而设计形成的一种高效立体综合种养方式，可促进稻田养分循环，实现节肥、节药、增效、抑草、改善土壤和水体质量等目标，同时显著提高农民经济收入，对减少稻田温室气体排放具有一定效果，减排比例可达 19%~35%。

稻鸭共养模式下，鸭子喜吃稻田中的各种杂草及各类害虫，如稻叶蝉、福寿

螺等，这减少稻田对农药的需求，减轻病害的发生。鸭子的粪便排放到稻田中，这是一种天然的有机肥料，这有助于改善土壤质量，培肥土壤，增加养分供应。鸭子在稻田水面的活动，增加水中溶解氧，起到疏松表层土壤的作用，促进水稻生长，增强水稻抗性

稻鱼共生模式下，鱼粪和残饵提供了水稻所需的有机物质和养分，减少了化学肥料的使用。在减污方面，稻鱼共生系统比水稻单作系统农药和化肥使用量可分别减少 50% 和 20% 以上。

稻蟹共养模式下，河蟹在稻田中的爬行、觅食，起到松土、增加土壤通透性的作用，河蟹产生的蟹粪增加了土壤有机质含量，起到培肥土壤的作用。稻田养蟹还能促进原有养分的活化，增加土壤养分有效性，使土壤有机质、全氮、碱解氮、速效磷等养分含量得到提升。

稻虾共养模式下，小龙虾的活动可增加土壤透气性，同时龙虾的粪便增加了土壤有机质含量。小龙虾可以消耗稻田中的有机残渣，如落叶和死亡植物碎片，帮助减少水中的有机负荷，从而改善水质。稻田所需的肥料可减少超过三分之一，农药使用量也下降了超过一半，这大幅降低了农业生产的成本，从而提高了农田的经济效益。