**江苏省地方标准《设施蔬菜湿旱轮作技术规程》**

**编 制 说 明**

1目的意义

水旱轮作是我国劳动人民在长期实践中总结形成的一种生态、高效的栽培制度。与旱旱轮作相比，水旱轮作在减缓设施蔬菜连作障碍、减轻病虫为害方面的作用更为显著。其主要原理是：一方面通过较长时间的淹水，窒息杀死设施土壤中的病原菌、虫卵和杂草种子，降低其对下茬蔬菜的危害基数；另一方面，又能淋洗表土中的盐基离子以及根系或残体产生的有害化感物质，降低土壤盐分浓度和自毒作用。

水生蔬菜栽培面积较小，难以与重要设施蔬菜形成对等的轮作模式；同时，水旱轮作要求地块保水能力强，较难满足；这些因素导致水旱轮作技术推广应用的范围具有一定的局限性。为此，本课题组尝试改“水茬”为“湿茬”，发现较高的土壤湿度配合以秸秆覆盖能形成强还原土壤环境，也能够起到与淹水类似的杀灭病菌孢子虫卵的作用，对降低地表盐分、减缓盐渍化也有较好的效果，且可有效减少养分向深层土壤渗漏的风险。此外，改“水茬”为“湿茬”后，可与重要设施蔬菜轮作的不再仅仅局限于水生蔬菜，一些耐湿蔬菜也可参与轮作，且对设施保水能力和水资源的丰富程度要求显著降低，降低了应用成本，是对传统水旱轮作模式的一种重要补充。

农作物秸秆属于农业生态系统中一种十分宝贵的生物质能资源。江苏省是农业大省，年产秸秆量基本稳定在4000万吨左右，资源量位居全国第四。秸秆种类丰富，常见的秸秆种类有稻、麦、玉米等。秸秆富含氮、磷、钾、和有机质等营养成分，通过秸秆还田可以有效改善土壤养分状况，促进作物增产。但设施蔬菜栽培中秸秆直接还田存在以下几种不利影响：1）腐解时间较长，有机养分难以被充分利用；2）播种的种子受秸秆阻碍，不能充分接触土壤，阻碍种芽生长。针对上述设施蔬菜秸秆还田存在的问题，本课题组研究发现，湿润条件下秸秆腐解率显著提高，同时在秸秆还田后配施秸秆腐解菌，可进一步促进秸秆腐解。同时，未腐解的秸秆含有大量碳，翻入土中可有效提高土壤有机碳含量，固碳效果良好。因此，应用湿旱轮作技术，在湿茬覆盖秸秆并结合腐解菌剂，有效促进秸秆腐解，湿茬结束将秸秆翻入土中，促进旱茬作物增产的同时提高土壤养分含量，提升土壤碳汇，有良好的经济效益和生态效益。

2任务来源

为规范设施蔬菜湿旱轮作技术，由扬州大学提出，由江苏省农业技术推广总站、昆山市农业农村局、扬州市江都区农业技术综合服务中心、常州笙绿农业科技有限公司、宿迁市农业农村局、张家港市农业农村局、徐州市农业农村综合服务中心共同承担制定《设施蔬菜湿旱轮作技术规程》地方标准。根据江苏省市场监督管理局于2024年7月18日下达的《关于2024年度江苏省地方标准立项计划的公示》（索引号：01400022-0/2024-00270），公示网站为：https://scjgj.jiangsu.gov.cn/art/2024/7/18/art\_78968\_11300435.html。

3编制过程

3.1预研阶段

2023年10月，文件起草工作开始启动，组织相关技术人员成立了标准起草小组，文件编制组研究和制定了文件编制工作方案，确定了该文件编制的基本内容、参与文件制定的相关单位及主要人员。标准制定过程由主要起草单位的人员参与资料收集、文本完成、市场调研、实验比对、数据处理等工作。

编制组合作单位多年来一直从事耐湿叶菜筛选、多种新型湿栽茬口研发、水生蔬菜湿栽技术等研究，有扎实的研究基础，形成一系列研究成果。编制组成员具有较丰富的专业知识和实践经验，标准起草人具有丰富的标准化工作经验和基础，先后主持或参与编制了江苏省地方标准《浅水芹栽培技术规程》（DB32/T 1058-2007）、《水芹露地湿润栽培技术规程》（DB32/T 1257-2008）、《荸荠塑料大棚栽培技术规程》（DB32/T 2103-2012）和《慈姑塑料大棚栽培技术规程》（DB32/T 2104-2012）等。编制成员撰写一系列湿旱轮作方面的研究论文，具有丰富的专业背景知识。

2020年10月至2023年10月，编制成员在江苏省苏南、苏中、苏北多个种植基地进行湿旱轮作技术调研和访谈，调研内容包括种植规模、茬口安排、生产组织方式和生产成本，包括各环节作业流程和轻简化栽培情况等。

在起草单位的相关研究和参与单位相关生产实践的基础上，进一步收集相关技术资料，查阅有关文献，向种植基地技术人员和专家征求意见后制定并形成的标准草稿。

3.2标准立项

2024年7月，扬州大学收到江苏省市场监督管理局《关于2024年度江苏省地方标准立项计划的公示》，联合江苏省农业技术推广总站、常州笙绿农业科技有限公司等单位成立标准起草小组，启动标准编制工作，开展多方调研，召开相关会议。编制小组确定了主要编制原则、编制大纲、人员分工和进度计划。

3.3初稿起草

标准起草小组通过认真学习《中华人民共和国标准化法》和《中华人民共和国标准化法释义》、《地方标准管理办法》以及《国家标准委关于做好地方标准管理有关工作的通知》等法律法规有关规定，查阅了大量相关的文献资料，认真收集湿旱轮作相关的国家及省、市法律法规、政策文件、国家和地方标准，对标准各条款进行研究并修订，标准编制小组人员经过多次讨论和研究，形成标准初稿。

3.4征求意见

为广泛征求各方意见，扬州大学通过函件和发放调查表等方式征求了南京农业大学、江苏省农业科学院等10家相关单位意见和建议，截至2024年9月30日，共收10份建议征求表。

3.5 专家意见研讨阶段

2024年10月，综合整理意见征求表，汇总意见和建议58条，其中完全采纳48条，部分采纳9条，不采纳1条，采纳率98.3%。根据大家的建议对专业术语、部分文字表述等内容进行了进一步修改和完善，形成了送审稿。

4主要内容及验证分析

**4.1主要内容**

目前，省内宿迁、张家港等多个地区已开始应用湿旱轮作技术，但是各地区对于茬口安排、土壤湿度控制、秸秆覆盖量、秸秆腐解菌应用等湿旱轮作主要技术指标并未完全统一，严重限制了湿旱轮作技术在江苏地区的推广应用。在查阅了国内外大量相关文献资料，并将项目组近年来的研究成果进行归纳和比较分析，作为本标准制定的重要依据，研究制定了《设施蔬菜湿旱轮作技术规程》送审稿。本标准所引用的相关标准尽量采用了最新版本、最新技术成果和权威技术参数，其中技术要求等部分内容为生产和科研的最新成果。

本标准主要内容如下所示：

**4.1.1研发多种新型湿栽茬口，如多子芋双季栽培：**设施蔬菜湿旱轮作的湿茬茬口有春提前茬口、越夏茬口、秋延后茬口和越冬茬口。多子芋作为主要的湿生蔬菜，在江苏省各地均有种植。常规栽培技术栽培多子芋仅一年一茬，通过穴盘育苗及设施栽培，可达成多子芋一年两茬的春提前栽培与秋延后栽培，与旱生重要设施蔬菜形成轮作。

**4.1.2耐湿速生叶菜筛选：**常规栽培条件下适用于湿润栽培的蔬菜仅有芋、蕹菜等少数几种，与大面积的旱生蔬菜无法形成对等的轮作关系。通过实验，发现芹菜可进行耐湿栽培。进一步筛选到意大利耐抽薹生菜耐湿性较好，同时生长周期短、茬口安排灵活，可应用于湿旱轮作湿茬栽培，扩大湿旱轮作的应用范围。

**4.1.3土壤湿度控制：**根据湿茬蔬菜的具体种类与栽培方式，选用滴灌或微喷装置来保持土壤湿度。密植型蔬菜，如蕹菜、芹菜、湿栽水芹等，宜采用微喷灌；稀植型蔬菜，如芋和生菜等，宜选用滴灌。采用土壤水分传感器或水分张力计，将湿茬的土壤相对湿度控制在90～100%（15 cm土壤深度处），但不出现明水，以防养分向下层土壤渗漏。

**4.1.4秸秆覆盖量：**利用潮湿畦面可加速秸秆腐解的优势，在湿茬应用秸秆覆盖技术。常见的稻麦秸秆均可应用，采用机械切断至10 cm，覆盖量每亩500 kg～2000 kg，可促进秸秆腐解，提高作物产量。

**4.1.5秸秆腐解菌：**选择含有嗜热侧孢霉菌、绿色木霉、链霉菌等可促进秸秆腐解的菌剂，在秸秆覆盖后参照生产单位的说明书用量与用法使用。

**4.2 验证分析**

**4.2.1芋-番茄湿旱轮作模式研究**

**4.2.1.1 试验材料**

试验于2022-2023年在扬州大学蔬菜试验大棚进行，试验土壤质地为壤土，土壤养分碱解氮 104.62 mg/kg，有效磷 31.93 mg/kg，速效钾 84.83 mg/kg。

秸秆品种：“南粳6号”秸秆，基本养分含量分别为：含水量12%，全碳 386.17 g/kg，全氮7.64 g/kg，全磷3.22 g/kg，全钾26.13 g/kg，碳氮比为50.5。

芋（*Colocasia esculenta* (L.) Schott）品种：湖北绿梗芋

番茄（*Solanum lycopersicum* L.）品种：浙粉202

**4.2.1.2 试验方法**

湿茬试验于2022年7月-12月在扬州大学水生蔬菜试验大棚内进行。施肥采用测土配方施肥法，8月10日将500 kg/亩有机肥、44 kg/亩三元复合肥以基肥形式一次性施入，翻耕做垄，垄长1.4 m，垄宽0.8 m，沟宽0.4 cm，株距为25 cm，6月底采用28孔穴穴盘育苗，9月3日进行移栽。

设置9个处理：处理1：不覆盖秸秆+14.5 kg/亩尿素 (0.5倍施氮) (S0N14.5)、处理2（CK）：不覆盖秸秆+29 kg/亩尿素(1倍施氮) (S0N29)、处理3：不覆盖秸秆+43.5 kg/亩尿素(S0N43.5)、处理4：1750 kg/亩秸秆覆盖量+14.5kg/亩尿素(0.5倍施氮) (S1750N14.5)、处理5：1750 kg/亩秸秆覆盖量+29 kg/亩尿素(1倍施氮) (S1750N29)、处理6：1750 kg/亩秸秆覆盖量+43.5 kg/亩尿素(1.5倍施氮) (S1750N43.5)、处理7：3500kg/亩秸秆覆盖量+14.5 kg/亩尿素(0.5倍施氮) (S3500N14.5)、处理8：3500 kg/亩秸秆覆盖量+29 kg/亩尿素(1倍施氮) (S3500N29)、处理9：3500 kg/亩秸秆覆盖量+43.5 kg/亩尿素(1.5倍施氮) (S3500N43.5)，每个处理3次重复，共计27个小区。

将秸秆均匀覆盖于畦面和畦沟，在土壤中插入土壤湿度传感器，保持湿度在90%左右。覆盖秸秆前和采收芋头后每个小区采取“S”形取样法，按0-10 cm、10-20 cm分层取种植前后土。于9月27日、10月25日、11月25日将尿素、31 kg/亩硫酸钾和66 kg/亩三元复合肥以追肥形式分三次施入。整个生育期注重肥水管理，保持土面湿润，防治杂草。12月13日进行采收。

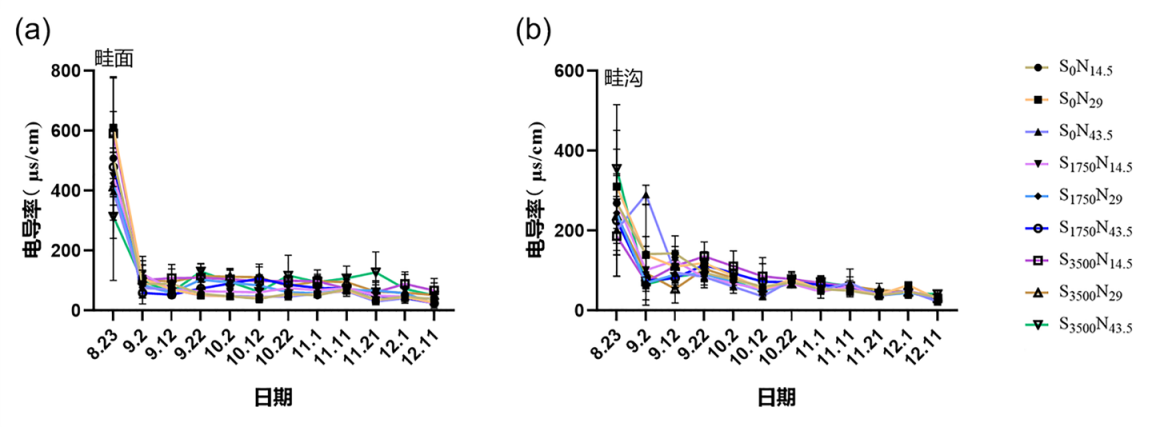
旱茬试验于2023年1月-5月在扬州大学水生蔬菜试验大棚内进行，从湿茬9个处理筛选出2个处理处理 (S3500N29和S0N43.5)进行后续旱茬试验，2月23日500 kg/亩有机肥以基肥形式一次性施入，整地作畦，垄长7m，垄宽1.4m，沟宽0.4m，株距0.25m，每条垄移栽58株，共需种植348株，3月15日移栽。设置两种施肥方式：正常施氮、减施20%氮肥。3月27日、4月29日、6月14日将过磷酸钙80 kg/亩、尿素施60 kg/亩、硫酸钾43 kg/亩,（前茬有秸秆处理的施肥量减少20%为:过磷酸钙64 kg/亩、尿素施48 kg/亩、硫酸钾35 kg/亩）以追肥形式施入。7月10日采收，整个生育期注重肥水管理，保持土面湿润，防治杂草，种植前后每个小区畦沟、畦面采取“S”形取样法，按0-10 cm、10-20 cm分层取土样测定。

**4.2.1.3 试验结果**

**表1土表覆盖水稻秸秆和施氮量对作物产量的影响**

|  |  |
| --- | --- |
| 处理 | 折合亩产 |
| S0N14.5 | 1086.52±26.99 e |
| S0N29 | 1269.15±94.92 d |
| S0N43.5 | 1471.63±32.03 c |
| S1750N14.5 | 1491.49±23.07 bc |
| S1750N29 | 1570.89±15.5 bc |
| S1750N43.5 | 1577.51±49.20 bc |
| S3500N14.5 | 1622.5±26.40 b |
| S3500N29 | 1958.13±89.74 a |
| S3500N43.5 | 2016.14±64.99 a |

由表1可知，多子芋折合亩产在1086.52~2016.14 kg，秸秆覆盖量与产量正相关。S3500N29处理和S3500N43.5处理产量较高，与对照（S0N29）相比产量分别增加54.29%和58.86%，表明高量秸秆覆盖并可以提高多子芋亩产。



**图1 不同处理畦面与畦沟EC值变化**

由图1 可知，土壤EC值随作物生长而呈现下降趋势，且高秸秆覆盖降幅更高，说明土表垫铺水稻秸秆可以在一定程度上缓解土壤盐渍化。

**表2土表覆盖水稻秸秆和施氮量对土壤硝态氮的影响**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 处理 | 畦面0-10 cm  mg/kg | 畦面10-20 cm  mg/kg | 畦沟0-10 cm  mg/kg | 畦沟10-20 cm  mg/kg |
| 种植前 | 73.69±0.63 a | 53.18±2.27 a | 47.81±1.36 a | 35.23±0.26 a |
| S0N14.5 | 68.18±1.71 b | 51.30±4.06 a | 41.62±3.36 ab | 29.38±0.19 b |
| S0N29 | 68.32±2.1 b | 52.23±1.28 a | 41.91±1.64 ab | 28.50±2.98 bc |
| S0N43.5 | 68.72±1.04 b | 52.38±2.31 a | 36.91±1.04 b | 27.34±1.39 bc |
| S1750N14.5 | 58.23±0.17 c | 40.29±0.85 b | 36.88±2.48 b | 21.68±0.97 de |
| S1750N29 | 58.42±0.2 c | 47.32±7.18 a | 38.46±1.95 b | 24.30±3.53 cd |
| S1750N43.5 | 59.20±0.11 c | 50.04±4.11 a | 38.78±8.03 ab | 27.91±2.05 bc |
| S3500N14.5 | 41.73±0.09 d | 37.96±0.23 b | 24.68±1.44 c | 19.51±0.5 e |
| S3500N29 | 42.90±3.53 d | 39.68±2.5 b | 25.22±6.46 c | 21.45±3.61 de |
| S3500N43.5 | 43.11±0.11 d | 40.05±2.06 b | 26.72±2.46 c | 22.99±1.6 de |

由表2可知，多子芋种植后，在覆盖量相同得条件下，施氮量越多，土壤硝态氮含量越高，但差异不显著；在施氮量相同条件下，覆盖秸秆处理土壤硝态氮均低于不覆盖秸秆，相比于种植前均显著降低，且覆盖量越高，硝态氮含量降幅越大，说明秸秆还田对土壤中硝态氮含量的降低效果显著，可有效缓解土壤盐渍化。各处理硝态氮畦面和畦沟0~10cm降幅较大，畦面10~20cm降幅比较小，可能是被蔬菜根系吸收所导致。







**4.2.2速生叶菜湿旱轮作种类品种筛选试验**

**4.2.2.1 试验材料**

试验为盆栽试验，在扬州大学蔬菜试验园区进行。

试验土壤质地为壤土，0～10 cm土层理化性质为：pH 6.88、有机质含量34.11 mg/kg、速效氮含量181.26 mg/kg、全氮含量1.58 g/kg、速效磷含量59.84 mg/kg、全磷含量1.44 g/kg、速效钾含量141.77 mg/kg、全钾含量20.21 g/kg。由于试验地土壤养分含量高，且试验周期短，故本试验不额外施肥。

供试速生叶菜共有3个种类4个品种，分别是快菜（*Brassica rapa* L*.* ssp*．Pekinens*），，生菜类（*Lactuca sativa* L. *var. ramosa* Hort.）的意大利耐抽薹生菜、玻璃生菜，圆叶白苋菜（*Amaranthus tricolor* L.）。其中，快菜、意大利耐抽薹生菜和玻璃生菜的种子来自沧州津科力丰种苗有限责任公司，圆叶白苋菜种子来自梅州市吉丰种业发展有限公司。

**4.2.2.2试验方法**

试验采用两因素盆栽试验，第一个因素是速生叶菜品种，共7个品种；第二个因素是土壤相对湿度（本文提及的所有土壤湿度均指土壤相对湿度），分为2个处理：75%常规湿度和90%高湿度（根据前期工作总结，笔者认为90%以上的土壤相对湿度，对防治连作障碍有较显著的作用），2种因素组合共14个处理，每处理重复3次，随机区组排列。

试验采用42个长×宽×高为0.43 m×0.17 m×0.15 m的长条霍伦盆，每盆土壤质量为6 kg，于8月1日撒播种子。其中，快菜每667 m2播种量为500 g（折合每盆播27粒种子），生菜每667 m2播种量为1500 g（折合每盆播137粒种子），苋菜每667 m2播种量为500 g（折合每盆播91粒种子）。试验期间，每个盆内均插入土壤水分速测仪（山东恒美电子科技有限公司），根据土壤湿度及时补水，保证土壤相对湿度分别维持在75%和90%，9月15日进行采收。

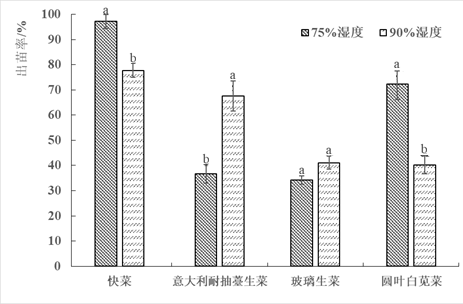
播种后30 d，观察每盆出苗数，并计算出苗率（出苗率=出苗数÷播种数×100%）。

播种后每5 d测定一次叶长、叶宽和株高，即每个处理选取9株植物，以直尺测量植株底端已完全展开的第三片叶基部至叶尖的长度为叶长；以与叶片中脉垂直的方式，测量叶片最宽处长度为叶宽；测定靠近植株的地面至植株顶端的长度为株高。

采收后，统计每个处理的产量。

**4.2.2.3试验结果**

**1）不同湿度对速生叶菜出苗率的影响**



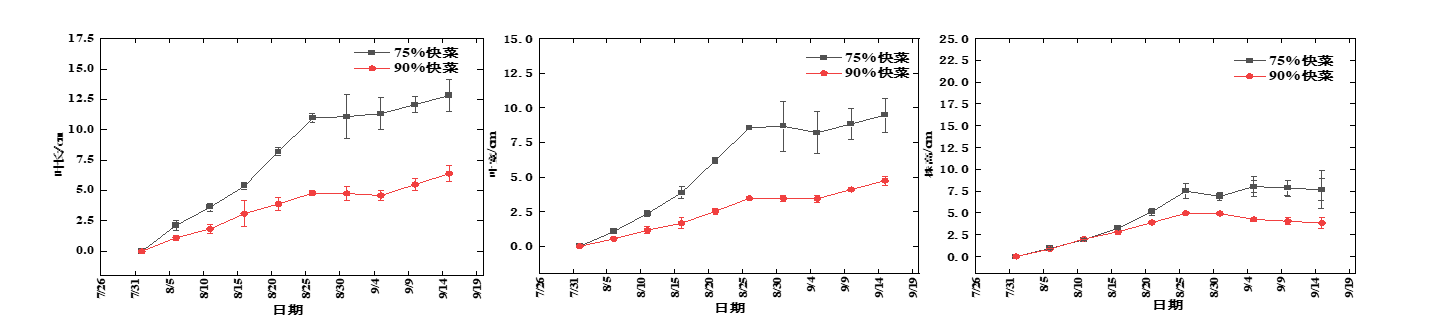
**图2 不同湿度对速生叶菜出苗率的影响**

注：图中不同小写字母表示各处理间差异显著(P<0.05)。

由图2可知，90%湿度和75%湿度处理下，不同速生叶菜种类和品种之间的出苗率表现不一。与75%湿度相比，在90%湿度处理下，出苗率显著增高的速生叶菜有意大利耐抽薹生菜，增幅为83.72%；出苗率显著降低的有速生叶菜有快菜、圆叶白苋菜，降幅分别为20.00%、44.23%；出苗率差异不显著的速生叶菜有玻璃生菜。

**2） 不同湿度对速生叶菜形态指标的影响**

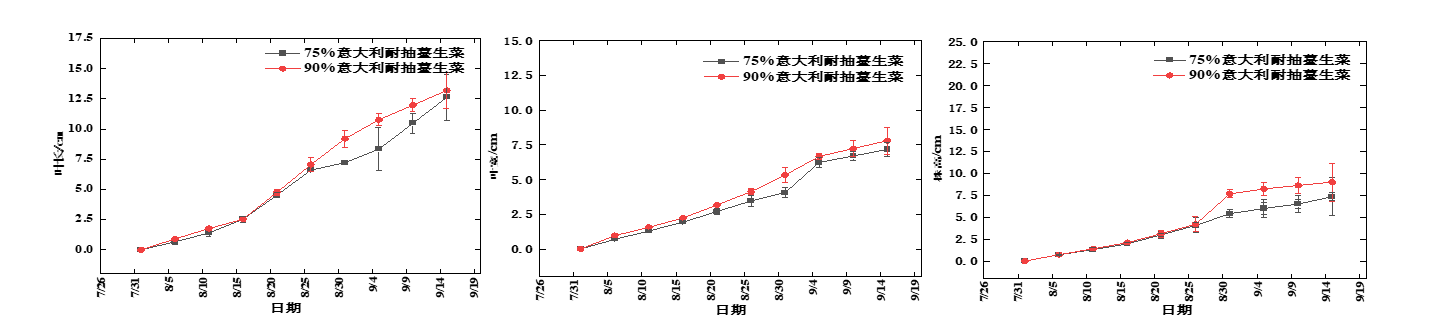
**不同湿度处理对快菜形态指标的影响**

****

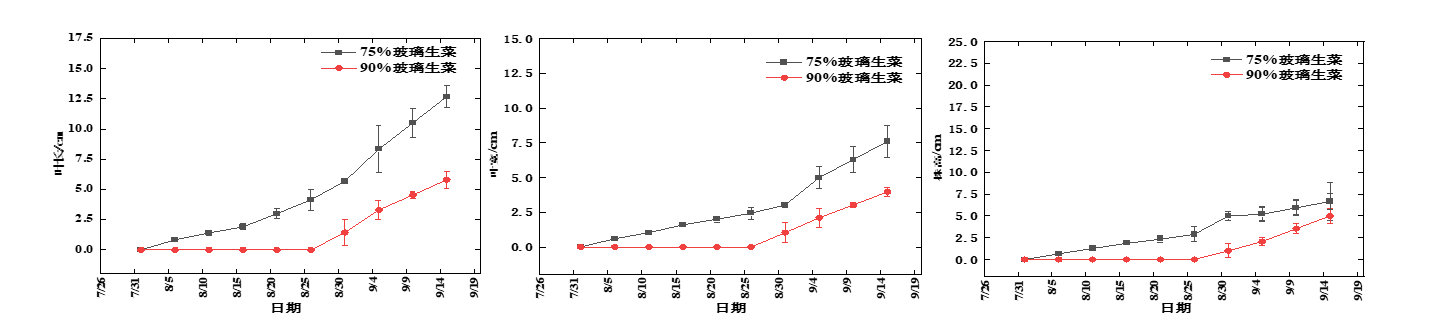
**图3 不同湿度处理对快菜形态指标的影响**

由图3所知，在90%湿度处理下，快菜的叶长、叶宽和株高低于75%湿度处理。这可能是由于土壤湿度过高对植株造成水分胁迫，抑制了快菜的生长发育。

**不同湿度处理对生菜类蔬菜形态指标的影响**



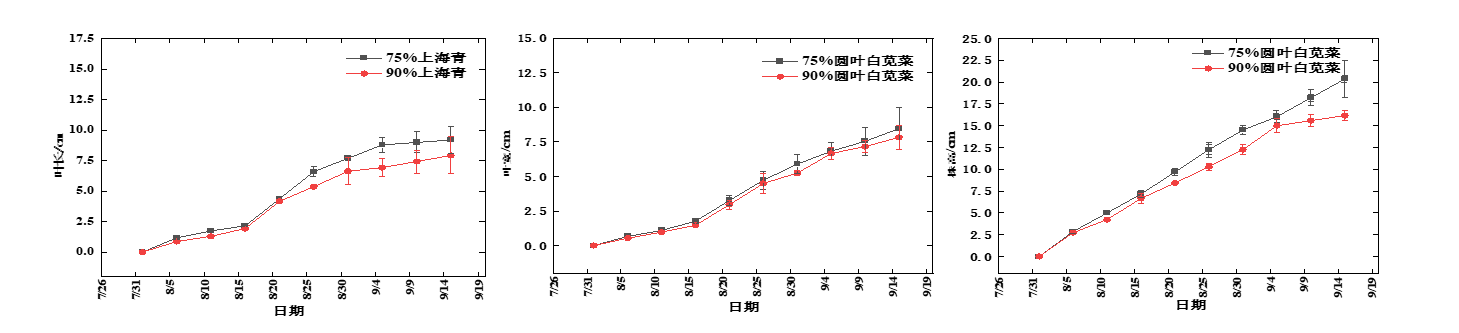
**图4 不同湿度处理对意大利耐抽薹生菜形态指标的影响**

****

**图5 不同湿度处理对玻璃生菜形态指标的影响**

由图4和图5可知，不同湿度处理对生菜叶长、叶宽和株高的影响存在品种间差异。90%湿度处理的意大利耐抽薹生菜叶长、叶宽和株高均高于75%湿度处理，表明意大利耐抽薹生菜耐湿性好；90%湿度处理的玻璃生菜叶长、叶宽和株高均低于75%湿度处理，这可能是由于玻璃生菜生长受温度与湿度联合影响，8月底温度下降后在90%湿度处理下的植株才能正常生长。

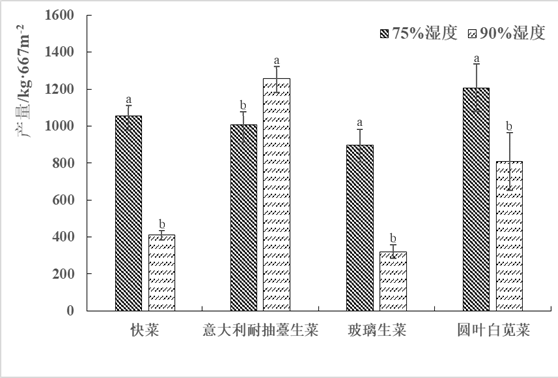
**不同湿度处理对圆叶白苋菜形态指标影响**



**图6 不同湿度处理对圆叶白苋菜形态指标的影响**

由图6可知，与75%湿度相比，90%湿度处理的圆叶白苋菜的叶长、叶宽、株高均有所下降，表明土壤高湿度不利于圆叶白苋菜地上部的生长。

**3） 不同湿度对速生叶菜产量的影响**



注：图中不同小写字母表示各处理间差异显著(P<0.05)。

**图7 不同湿度处理对速生叶菜产量影响**

由图7可知，不同品种速生叶菜在90%湿度处理和75%湿度处理下的产量表现有所不同。与75%湿度处理相比，在90%湿度处理下，产量显著增加的速生叶菜有意大利耐抽薹生菜，产量增幅为22.38%；产量显著减少的速生叶菜有快菜、玻璃生菜和圆叶白苋菜，产量降幅分别为61.00%、64.23%和33.09%。

**4.2.3不同土壤湿度对湿茬作物产量影响试验**

**4.2.3.1试验材料**

蕹菜(*Ipomoea aquatica* Forssk.)品种：泰国柳叶蕹菜。

**4.2.3.2试验方法**

试验于2020年2-9月在扬州大学水生蔬菜试验大棚进行，大棚长30 m，宽6 m，用地下深入土层40 cm，地上高20 cm的塑料板将大棚平均分为3条畦。2月28日按10 kg/亩三元复合肥(N-P-K=15-15-15)、25 kg/亩尿素施入作基肥，3月1日整地作畦播种蕹菜，分别于5月18日、6月16日、7月5日、7月24日、8月16日和9月22日共收取6次蕹菜，每次采收结束按照10 kg/亩追施尿素。

设置2个不同处理，T1：土壤湿度80%-90%，T2：土壤湿度90%-100%，以土壤湿度75%作为对照（CK）。土壤湿度由土壤湿度计（BYKZ-5，博云，潍坊，中国）和水位传感器（BYTR-ZLJ，博云，潍坊，中国）进行控制。

**4.2.3.3试验结果**

**表3 不同土壤湿度对蕹菜产量影响试验**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 不同处理 | 采收次数 | 折合亩产 /kg | 总产量 /kg | 较对照增产 /% |
| 80%-90% | 1 | 1361.04±41.36b | 12232.54 | 13.14 |
| 2 | 1910.26±159.32a |
| 3 | 2807.41±74.58ab |
| 4 | 1841.76±30.88a |
| 5 | 2478.72±32.37a |
| 6 | 1833.35±241.05 |
| 90%-100% | 1 | 1326.04±316.33b | 13035.95 | 20.58 |
| 2 | 1898.25±27.06a |
| 3 | 3023.73±116.5a |
| 4 | 2493.29±120.85a |
| 5 | 2232.95±47.926 |
| 6 | 2061.69±82.59a |
| 75% | 1 | 2327.29±263.48a | 10811.41 | / |
| 2 | 1957.13±120.07a |
| 3 | 2439.06±2.236 |
| 4 | 1284.73±77.316 |
| 5 | 1474.01±50.16d |
| 6 | 1329.19±15.66b |

由表3可知，第1次采收时，2个处理产量均低于对照且差异显著，可能是因为蕹菜生长前期对水分需求较少。第2次采收时，处理产量与对照差异不显著。第3次采收时，90%-100%土壤湿度处理产量最高，与对照差异显著，80%-90%土壤湿度处理产量其次，与对照差异不显著。第4、5、6次采收时，2个处理已经明显比对照产量高，且差异显著。6次采收总产量为表现为90%-100%土壤湿度>80%-90%土壤湿度>75%土壤湿度，90%-100%土壤湿度处理比对照增产20.58％，表明90%-100%土壤湿度能促进蕹菜增产。

**4.2.4****湿茬秸秆不同覆盖量试验**

**4.2.4.1试验材料**

蕹菜(*Ipomoea aquatica* Forssk.)品种：泰国柳叶蕹菜

供试秸秆：扬麦16号

试验箱：内径500×370×320 mm的塑料箱

**4.2.4.2 试验方法**

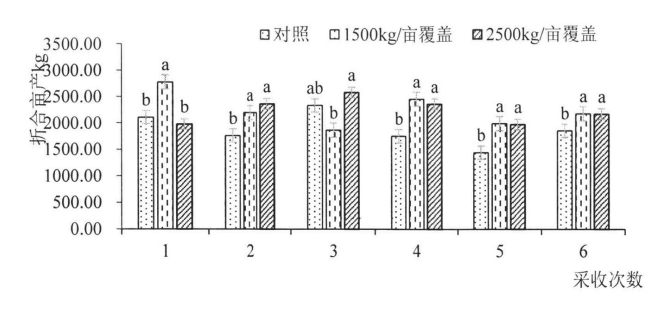
选用扬州大学农学院试验田的小麦秸秆，按1500 kg/亩(折合每箱450 g)和2500 kg/亩(折合每箱750 g)覆盖量均匀覆盖于处理箱内，长度为10 cm，以秸秆不还田为对照，三次重复。试验于2020年2月27日开始育苗，3月28日施基肥10 kg/复合肥和25 kg/亩尿素，4月25日移栽至塑料箱内，期间根据长势分别于6月22日、7月30日、8月22日、9月16日处理追施共25 kg/亩尿素，对照追施共30 kg/亩尿素。于5月18日、6月17日、7月6日、8月5日、8月28日和9月26 日共采收6次空心菜。1500 kg/亩和2500 kg/亩秸秆分别于4月6日，6月19日和8月 7日均分三次覆盖于土表，于2021年10月27日取种植后土。2021年10月 5日将小麦秸秆未完全腐解的部分取出洗净晒干称重测定腐解率。

**4.2.4.3试验结果**

**表4 小麦秸秆腐解率**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 覆盖量（kg/亩） | 种植后剩余量（kg/亩） | 腐解率% |
| 2500 | 824.43±17.73a | 67.02±2.37a |
| 1500 | 445.51±13.43b | 70.33±2.98a |

由表4可见，经过207 d的腐解，1500 kg/亩覆盖小麦秸秆腐解率为70.33％，2500 kg/亩覆盖小麦秸秆腐解率为67.02％，说明高温高湿环境下覆盖高量小麦秸秆仍有较高腐解率。



注：图中不同小写字母表示各处理间差异显著(P<0.05)。

**图8 土表覆盖不同量秸秆对蕹菜产量影响**

由图8可知，2500 kg/亩、1500 kg/亩处理和对照6次采收的总折合亩产分别为13452.37 kg，13492.63 kg，11272.30 kg，处理总产量显著高于对照，2500 kg/亩覆盖、l 500 kg/亩覆盖采收分别较对照增产19.34％，19.69％，说明土表覆盖小麦长秸秆能够达到很好的增产效果。六次采收其中除第3次采收外，处理产量均高于对照，这可能是因为第2次空心菜采收后铺设秸秆，秸秆腐解消耗氮与植株生长产生了争氮；在第4次采收后铺设剩余秸秆，第5次处理产量虽较第4次降低，但高于对照，说明秸秆释放养分已经基本能维持植株正常生长所需的养分。

**4.2.5不同量秸秆腐解菌试验**

**4.2.5.1实验材料**

小麦秸秆：扬麦16号

芹菜：FS西芹2号

秸秆腐解菌：商品名“秆快腐”，有效活菌数≥0.2亿cfu/g，由淮安柴米河农业科技公司提供。

**4.2.5.2实验方法**

夏秋茬做畦沟垫铺不同量麦秸秆套作不同用量腐解菌试验，选用扬州大学农学院试验田扬麦16号的麦秸秆按1500 kg/亩铺垫畦沟，不同用量腐解菌试验选用淮安柴米河农业科技公司提供的秸秆腐解菌，按2斤/亩、3斤/亩和4斤/亩施用秸秆腐解菌，以不施用秸秆腐解菌为对照，三次重复。试验于2021年7月9日播种，7月10日按50 kg/亩施45%三元复合肥（N:P:K=15:15:15）作基肥，7月15日畦沟垫铺秸秆并取试验前土，期间根据长势分别于8月11日、9月10日、10月12日共追施20kg/亩尿素。10月20日采收，取种植后土。2021年10月25日将秸秆未完全腐解的部分取出洗净晒干称重测定腐解率。

**4.2.5.3实验结果**

**表5 不同量腐解菌对秸秆腐解率影响**

|  |  |
| --- | --- |
| 试验处理 | 腐解率(%) |
| 2kg/亩腐解菌 | 79.96±1.63b |
| 3kg/亩腐解菌 | 84.62±1.28ab |
| 4kg/亩腐解菌 | 86.15±1.83a |
| 对照 | 64.8±0.25c |

由表5可知，经过132d的腐解，施用2kg/亩腐解菌、3kg/亩腐解菌和4kg/亩腐解菌秸秆腐解率分别为79.96%、84.62%和86.15%，显著高于对照不施用秸秆腐解菌，说明秸秆腐解菌可以显著提高秸秆腐解率。**表6不同量腐解菌对芹菜产量影响**

|  |  |
| --- | --- |
| 试验处理 | 折合亩产(kg/亩) |
| 2kg/亩腐解菌 | 1021.25±6.38c |
| 3kg/亩腐解菌 | 1072.72±5.72b |
| 4kg/亩腐解菌 | 1171.57±15.57a |
| 对照 | 937.66±5.89d |

由表6可知，施用秸秆腐解菌的小区产量显著高于对照，施用4 kg/亩腐解菌的小区亩产可达到1171.57 kg/亩，各处理相较于不施用秸秆腐解菌增产8.21%、12.59%和19.97%，说明秸秆腐解菌促进秸秆腐解，秸秆腐解后释放大量元素供植物吸收，从而达到增产的作用。

**表7不同量腐解菌对芹菜养分影响**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 试验处理 | 全氮  (N g/kg) | 全磷  (P2O5 g/kg) | 全钾  (K2O g/kg) |
| 2kg/亩腐解菌 | 1.63±0.15a | 1.56±0.12b | 2.28±0.16a |
| 3kg/亩腐解菌 | 1.76±0.07a | 1.71±0.10ab | 2.64±0.25a |
| 4kg/亩腐解菌 | 1.86±0.05a | 1.88±0.08a | 2.78±0.40a |
| 对照 | 1.45±0.07b | 1.50±0.14b | 2.45±0.07a |

由表7可知，各处理全氮含量显著高于对照。4 kg/亩腐解菌处理植株全磷含量显著高于对照，其余2个处理全磷含量与对照无显著差异。各处理全钾含量与对照无显著差异。

**表8不同量腐解菌对芹菜品质影响**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 试验处理 | 粗纤维  (mg/g-FW) | VC  (g/kg-FW) | 黄酮  (mg/g-FW) | 总酚  (mg/g-FW) | DPPH(%) |
| 2kg/亩腐解菌 | 1.49±0.03b | 0.17±0.01b | 2.14±0.14c | 14.35±0.48bc | 89.43±3.27bc |
| 3kg/亩腐解菌 | 1.41±0.12b | 0.21±0.01a | 2.99±0.11b | 15.74±0.68ab | 84.59±2.72c |
| 4kg/亩腐解菌 | 1.34±0.06b | 0.21±0.003a | 3.85±0.15a | 16.57±0.76a | 101.31±4.03b |
| 对照 | 1.59±0.08a | 0.17±0.003b | 2.62±0.09b | 13.00±0.78c | 113.49±8.97a |

由表8可知,三个处理粗纤维含量均低于对照，说明畦沟垫铺秸秆能促进植株粗纤维的降低，且秸秆腐解越多口感越好。3 kg/亩腐解菌和4 kg/亩腐解菌处理VC含量、黄酮和总酚均高于对照，且DPPH均低于对照。说明畦沟垫铺水稻秸秆能够提高植株品质。

**表9不同量腐解菌对土壤EC值的影响**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 试验处理 | | 畦面0-10cm | 畦面10-20cm | 畦沟0-10cm |
| 前土 | 2kg/亩腐解菌 | 429.67±3.93cd | 268.67±3.71bc | 696.33±12.33a |
| 3kg/亩腐解菌 | 421±22.03cd | 261.33±2.97cd | 659±5.57b |
| 4kg/亩腐解菌 | 413.67±3.71d | 250.67±4.41d | 578.67±7.51c |
| 对照 | 439.33±4.48c | 264.67±3.93bc | 690±4.93ab |
| 后土 | 2kg/亩腐解菌 | 807±3.61a | 295.67±8.51a | 583.33±9.77c |
| 3kg/亩腐解菌 | 783±5.57ab | 269.67±5.24bc | 517±17.04d |
| 4kg/亩腐解菌 | 760±8.08b | 257.33±5.24cd | 461±10.12e |
| 对照 | 794±4.16a | 274.67±3.83b | 489.33±6.33de |

由表9可知，各处理畦面0-10 cm的土壤EC值处理后均高于处理前，但各处理增幅均低于对照，畦面10-20 cm处理后上升可能是出现盐分下渗的情况。畦沟0-10 cm的土壤EC值处理后均显著低于处理前，其中4 kg/亩腐解菌处理土壤EC值最低，说明提高腐解菌用量可以缓解土壤盐渍化水平。

**4.3综述报告**

设施蔬菜水旱轮作在实施过程中，逐步显现难以与重要设施蔬菜形成对等的轮作、对地块保水能力要求高、费时费工等问题。改为湿旱轮作后，对灭杀虫卵、缓解土壤连作障碍仍有良好效果，且可减少人力成本、扩大应用范围等。但是，目前湿旱轮作技术应用还处于粗放应用阶段，各地区对于湿旱轮作技术的理解与应用也不尽相同。为促进设施蔬菜湿旱轮作技术的正确合理应用，编制设施蔬菜湿旱轮作技术规程势在必行。

本项目组通过穴盘育苗及设施栽培，达成多子芋一年两茬的春提前栽培与秋延后栽培，与旱生重要设施蔬菜形成轮作，研发新型湿栽茬口，研发芋-番茄湿旱轮作模式，取得良好的经济和生态效益。通过耐湿叶菜筛选实验，发现芹菜可进行耐湿栽培。进一步筛选到意大利耐抽薹生菜耐湿性较好，同时生长周期短、茬口安排灵活，可应用于湿旱轮作湿茬栽培，扩大湿旱轮作的应用范围。通过实验，本项目组规定湿茬的土壤相对湿度在90-100%（15 cm土壤深度处），但不出现明水，以防养分向下层土壤渗漏。此外，本项目组利用潮湿畦面可加速秸秆腐解的优势，在湿茬应用秸秆覆盖技术。将常见的稻麦秸秆采用机械切断至10 cm，覆盖量每亩1500 kg，同时使用含有嗜热侧孢霉菌、绿色木霉、链霉菌等秸秆腐解菌剂，可促进秸秆腐解，提高作物产量。

本项目组在在江苏省徐州、淮安、南通、扬州、张家港、无锡等多地区开展设施蔬菜湿旱轮作技术指导，建立技术示范基地10个，累计示范面积83万亩次。不仅显著缓解种植大棚次生盐渍化等连作障碍问题，还能省工省力，通过秸秆施用降低肥料成本，提高作物产量，增加经济效益。通过对多个示范基地调研发现，湿旱轮作技术的应用能使每亩节本增效500元以上，获得广大生产技术推广工作者、规模化生产企业、经营主体和种植大户一致好评。

**4.4技术经济论证**

2021～2024年，在徐州、淮安、南通、扬州、张家港、无锡等多地区开展了设施蔬菜湿旱轮作技术指导，建立技术示范基地10个，累计示范面积83万亩次。经测算，与传统水旱轮作相比，应用湿旱轮作技术提高旱茬重要设施蔬菜（番茄、黄瓜等）产量14.63%～20.58%，平均经济效益提高13.46%～18.80%。此外覆盖的秸秆可代替15%～20%的化学肥料，肥料成本降低15%～20%。在常州、如皋、宿迁等地应用的芋-草莓、芋-番茄湿旱轮作模式， 每亩成本降低200元，增效500元以上。多地生产经营者纷纷表示，科学规范地使用设施蔬菜湿旱轮作技术可有效帮助增产增收，希望大力加强设施蔬菜湿旱轮作技术的宣传推广和应用指导。

**4.5预期的效果**

1、经济效益提升

湿旱轮作模式下，作物增产20.58%，经济效益提高18.80%。覆盖的秸秆可代替20%的化学肥料，肥料成本降低20%。已集成芋-草莓、芋-番茄等湿旱轮作新模式，分别在常州、如皋、宿迁等地推广应用， 每亩成本降低200元，增效500元以上。

2、社会效益增强

创新湿旱轮作技术，与传统水旱轮作相比，降低工作量，减少人力成本。同时缓解大量废弃秸秆难以处理的社会难题，社会效益显著。

3、生态效益改善

缓解土壤连作障碍，保护土壤可持续利用。同时消耗废弃秸秆，保护生态环境。

5标准编制原则

本标准按照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，遵循“科学、适度、可行”的原则，以使标准具有一定的先进性、通用性和可操作性。在标准的征求意见稿和送审稿的编制过程中力求做到技术内容的叙述正确无误，文字表达准确、简明易懂，标准的构成严谨合理，内容编排、层次划分等符合逻辑。制定的标准力求切实可行，与湿旱轮作技术应用实际情况相适应，易于为农业技术推广工作者、生产者正确掌握和使用。总体原则包括：

政策性：在编制过程中严格贯彻国家有关方针、政策、法规和规章，严格执行强制性国家标准和行业标准，避免与正在制定或已经制定的其他农业或国家标准发生技术冲突。

实用性：制定的标准力求切实可行，通过对江苏省不同作物主产区县（市）传统种植技术调查结果，并以绿色高产高效生产为目标，以及本项目组试验结果作为依据制订的，能够客观地反映湿旱轮作技术应用对实际生产的影响。

规范性：由于本标准是设施蔬菜湿旱轮作技术的规范性文件，因此在标准的征求意见稿和送审稿的编制过程中力求做到技术内容的叙述正确无误；文字表达准确、简明易懂；标准的构成严谨合理；内容编排、层次划分等符合逻辑。

国际性：在草案的编制过程中，参考了国内外同类研究的相关资料；尽可能与国际情况一致，也要求与国内实际相符。

6与有关的现行法律、法规和强制性标准的关系

本标准主要引用了农业工程、灌溉工程、施肥技术相关行业标准，并结合秸秆还田应用实际进行了部分内容的适度调整，与现行法律和强制性标准并无相互矛盾和抵触的条款。

7重大分歧意见的处理经过和依据

本文件编制过程中无重大分歧意见。标准编制组与行业专家经过多次研讨，积极采纳了所提出的修改建议，最终形成报批稿。

8标准作为强制性标准或推荐性标准的建议

本标准为推荐性标准，并不涉及有关国家安全、保护人体健康和人身财产安全、环境质量要求等有关强制性地方标准或强制性条文等的八项要求之一，因此建议作为推荐性农业标准发布实施。

9实施对象和推广实施建议

9.1实施对象

主要为生产技术推广工作者、规模化生产企业、经营主体和种植大户。

9.2推广实施建议

本标准适于江苏省所有生态区域的设施蔬菜基地实施，计划利用产业技术体系试验示范基地、新型农民合作组织等进行示范种植，并举办现场观摩会、标准宣贯班等，加快新技术的推广应用。

10起草单位、起草人员信息及分工

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 姓名 | 单位名称 | 职务/职称 | 项目分工 |
| 1 | 缪旻珉 | 扬州大学 | 教授 | 组织标准起草工作，总体负责标准审定撰写，组织标准审查、报批等工作。 |
| 2 | 曾晓萍 | 江苏省农业技术推广总站 | 科长/推广研究员 | 确定标准制定方案，组织推进标准制定程序和进度，负责协调标准定制过程中所需资源。 |
| 3 | 冯均科 | 昆山市农业农村局 | 高级农艺师 | 参与标准研讨会、协助整理标准制定相关文档材料。 |
| 4 | 张永仙 | 扬州市江都区农业技术综合服务中心 | 农艺师 | 参与标准制定相关文献调研和相关试验分析，负责整理试验基础数据。 |
| 5 | 江解增 | 扬州大学 | 教授 | 确定标准制定方案，组织推进标准制定程序和进度，负责协调标准定制过程中所需资源。 |
| 6 | 张治平 | 扬州大学 | 副教授 | 协助组织讨论标准编写思路，确定标准制定框架，调度起草组成员推进标准制定程序和进度。 |
| 7 | 郑子健 | 扬州大学 | 研究生 | 参与标准制定相关文献调研和相关试验分析，负责整理试验基础数据。 |
| 8 | 应英 | 常州笙绿农业科技有限公司 | 助理研究员 | 参与标准制定相关文献调研和相关试验分析，负责整理试验基础数据。 |
| 9 | 高学双 | 宿迁市农业农村局 | 高级农艺师 | 参与标准研讨会、协助整理标准制定相关文档材料。 |
| 10 | 丁峰 | 张家港市农业农村局 | 高级农艺师 | 组织起草组人员进行调研、收集材料，组织召开标准制定研讨会，征求相关意见等。 |
| 11 | 张洪永 | 徐州市农业农村综合服务中心 | 推广研究员 | 参与标准研讨会、协助整理标准制定相关文档材料。 |