

李 健,江 谧,刘廷辉,等. 大麦芒的研究进展[J/OL]. 大麦与谷类科学,2024,41(2):1-5. <https://doi.org/10.14069/j.cnki.32-1769/s.2024.02.001>.

# 大麦芒的研究进展

李 健,江 谧,刘廷辉,谢世刚,张 英,詹瑞林

(甘孜藏族自治州农业科学研究所,四川 康定 626000)

**摘要:**芒是大麦外稃顶端的针状延续,属于叶的变态,是大麦长期适应环境并进化的产物。大麦芒表型变异丰富,在籽粒灌浆及产量形成等方面存在重要作用,是进一步提升大麦产量的主要靶点之一。在查阅大量文献的基础上,综述了大麦芒的形态、结构、功能以及遗传调控机制的研究进展,讨论了大麦芒对提升大麦产量的积极作用和不利影响,提出了大麦芒光合作用研究中仍需解决的难点和需要关注的重点,为大麦品种选育过程中芒型的选择以及高产大麦品种的选育提供参考。

**关键词:**大麦;芒;光合作用;研究进展

**中图分类号:**S512.3

**文献标志码:**A

**文章编号:**1673-6486-20230269

随着全球人口的持续高增长与经济冲击、地区冲突、气候变化等诸多不利因素的影响,全球粮食安全面临巨大挑战,对提升粮食产量提出了更高要求。就麦类作物而言,对光合作用及其相关过程的研究正日益成为进一步提升作物产量的主要靶点之一。现有关于光合作用的研究多集中在叶片,关于麦芒对麦类作物碳同化以及产量影响的研究却相对匮乏。大麦是全球第四大谷类作物,也是重要的模式植物。探索大麦芒对大麦产量的影响,对进一步提升大麦产量具有重要意义,也可以为小麦等麦类作物产量的提升提供有益借鉴。大麦芒的表型变异非常丰富,不同芒型对麦芒的光合能力有决定性影响,对大麦产量的影响也存在显著差异。因此,影响大麦芒型的因素逐渐成为研究的热点。近年来,影响大麦芒型的相关基因或位点被克隆或鉴定,对大麦芒存在显著影响的遗传因素也被发现。本文通过综述大麦芒的形态、结构、功能以及遗传调控机制,讨论了大麦芒对提升大麦产量的积极作用和不利影响,提出了麦芒光合作用研究中仍需解决的难点和需要关注的重点,为大麦育种提供有益参考。

## 1 大麦芒的形态与结构特征

### 1.1 大麦芒的形态特征

芒是大麦外稃顶端的针状延续,属于叶的变

态,是大麦长期适应环境和进化的产物<sup>[1]</sup>。大麦芒的形态变异非常丰富:根据芒的有无分为有芒大麦和无芒大麦;根据芒的形态特征可分为直芒大麦、勾芒大麦以及叶型芒大麦等;根据芒是否光滑分为齿芒大麦和光芒大麦;根据直芒是否分枝分为单芒和分枝芒;根据芒的长短分为长芒大麦和短芒大麦<sup>[2-5]</sup>(图1)。由于大麦芒的形态变异丰富且易于田间辨识,因此芒可以作为大麦品系选育和基因定位的重要形态标记。

### 1.2 大麦芒的结构特征

大麦芒的横切面呈钝角三角形,内部含有3条维管束,中间一条较粗,侧边2条较细。中间一条的维管束具有完整的结构,其外有2层维管束鞘,内有木质部和韧皮部,外鞘细胞中与绿色组织相连的部分含有少量叶绿体,不与绿色组织相连的外鞘细胞及内鞘细胞不含叶绿体。木质部中有少量薄壁细胞和厚壁导管,韧皮部中有筛管与伴胞,且相互对应<sup>[6]</sup>(图2)。

## 2 大麦芒的作用

### 2.1 芒的光合作用

大麦芒中含有叶绿体,能够进行光合作用。同时,大麦芒的变异非常丰富,既存在长芒大麦种质,也存在无芒或短芒大麦种质。因此,大麦芒的光合作用是否对大麦产量存在显著影响一直是大麦研究的热点问题,其研究成果对大麦品种选育具有重要的导向性作用。据报道,麦芒可以提高麦穗的表

收稿日期:2023-11-14;修回日期:2024-03-25。

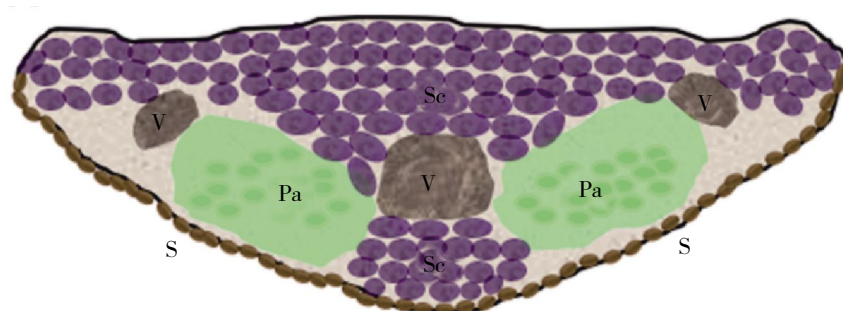
作者简介:李 健(1981—),男,博士,高级农艺师,研究方向为青稞遗传育种。Email: lijian5028@163.com。

面积,从而提升麦穗的辐射截获量,大麦芒的气体交换量占全穗气体交换量的 40%~80%<sup>[7]</sup>,芒的存在可以使穗的净光合速率增加 1 倍<sup>[8]</sup>。在灌溉良好的条件下,有芒麦穗的总光合作用高于无芒麦穗<sup>[9-10]</sup>。高如篙等的研究同样表明,大麦品种西引 2 号和矮早 3 的单穗芒面积分别达到旗叶面积的 3.30 倍和 1.67 倍,芒为立体采光,而旗叶为平面采光;剪芒处理后西引 2 号和矮早 3 的千粒质量分别降低 19.42%和 13.06%,而剪去旗叶后只分别降低 9.71%

和 8.65%<sup>[11]</sup>。上述研究表明,在大麦灌浆期,芒是重要的光合器官,对于有芒种质而言,剪芒处理对大麦粒质量存在显著影响。Hosseini 等研究表明,在干旱和灌溉条件下,所有参试大麦种质的芒净光合速率低于旗叶和倒 2 叶的净光合速率,但由于芒的表面积大于旗叶和倒 2 叶,芒的总光合作用量大于旗叶和倒 2 叶;对于部分参试种质而言,芒的总光合作用量与产量间不存在显著相关性<sup>[12]</sup>。



图 1 大麦芒类型



S—气孔;V—维管束;Pa—薄壁组织;Sc—厚壁组织

图 2 大麦芒的横截面结构<sup>[6,14]</sup>

## 2.2 芒的蒸腾作用

与旗叶相比,大麦芒的气孔总数相对较少<sup>[13]</sup>。在炎热干旱条件下,有芒植株通过增强蒸腾作用,迅速降低温度,增强吸水动力,促进根系下扎土壤以吸收更多的水分和矿物质,提高水分利用率,促进水分向穗部转运,增强植株抗旱能力;在干旱条件下,大麦芒中抗旱相关基因的表达量高于其内稃和外稃。因此,在干旱和半干旱环境下,芒对禾谷类作物籽粒产量的维持具有重要意义<sup>[14]</sup>。

## 2.3 芒的保护作用

对于栽培大麦而言,芒表面坚硬的硅质毛可阻碍害虫和鸟类飞落,减少害虫在穗上产卵的机会,有利于预防鸟害和虫害。尖锐的芒还可阻止动物摄食,起到保护种子的作用。

## 2.4 芒的不良作用

芒的存在增加了穗质量,有芒特别是长芒对大麦的穗质量存在显著影响。过重的穗质量又容易导致大麦出现倒伏,最终影响产量。

芒的存在让麦穗更容易保水,在大麦蜡熟期,芒的保水作用一方面增加了穗质量,更易引发大麦倒伏,倒伏后,芒的保水作用又更容易引发穗发芽的发生,导致大麦大幅减产。

长齿芒的存在大幅增加了穗子在风中的受力面积,在灌浆后期,一旦出现大风天气,具有长齿芒的大麦更容易出现倒伏,最终导致减产。

# 3 大麦芒性状的遗传学研究现状

## 3.1 控制大麦芒的基因

大麦 *HvKnox3* 基因发生突变后,突变植株表型为反向的花取代芒,这种表型被称为“帽子”。与其等位基因相比,*HvKnox3* 基因的外显子序列没有发生突变,但它的第4内含子包含一个305 bp的重复序列。虽然外显子序列一致,但在突变体中,*HvKnox3* 基因的表达丰度是野生型表达丰度的2.5倍。当前研究还不能确定 *HvKnox3* 基因第4内含子305 bp重复序列是导致该基因表达丰度大幅提升的原因,但 *HvKnox3* 基因表达丰度的提升很可能是“帽子”表型形成的原因,因为通过构建超表达载体,将与 *HvKnox3* 基因同源的玉米 *knotted1* 基因转入大麦,转基因大麦表现出“帽子”表型<sup>[14-15]</sup>。

2012年,You等报道了一个调控大麦芒长的基因(*Lks2*),该基因位于大麦7H染色体,其编码蛋白

属于短节间转录因子基因家族,该基因家族包含一个锌指识别域和一个IGGH结构域<sup>[16-17]</sup>。*Lks2* 基因是一个自发的隐性突变,在携带 *lks2* 基因的39份参试短芒大麦种质中发现了 *lks2.b1*、*lks2.b2* 和 *lks2.b3* 3种单倍型,发生频率分别为12.8%、56.4%、30.8%。携带 *lks2.b1*、*lks2.b2* 单倍型的大麦种质来源于我国东部地区、朝鲜半岛和日本,而携带 *lks2.b3* 单倍型的大麦种质来源于我国青藏高原及其毗邻地区。与携带野生型(*LKS2*)的亲本相比,包含 *lks2.b* 的近等基因系大麦种质的芒长显著降低,组成芒的纵向细胞数较野生型亲本大幅下降55.5%,芒的厚度也有所降低。因此,该报道认为细胞数的减少是携带 *lks2.b* 大麦种质出现短芒表型的原因。

大麦 *ROUGH AWN1* 基因位于5H染色体,控制芒表面倒钩性状,其候选基因(*HORVU5Hr1C086520*)与水稻 *LABA1* 基因同源<sup>[18]</sup>。

## 3.2 与大麦芒相关的遗传位点

目前,多个与大麦芒相关的遗传位点被相继发现,主要集中在芒的有无和长短2个方面。

**3.2.1 芒的有无。***Lks1* 基因导致大麦出现无芒表型,过去该基因被认为与 *Vrs1* 基因相同,因为它们都位于大麦2H染色体的长臂上。由于与 *Vrs1* 基因连锁,*Lks1* 基因的精细定位和克隆变得比较困难。目前,有报道显示 *Lks1* 基因位于 *Vrs1* 基因上游9.6 cM处<sup>[19-20]</sup>。

携带 *Lsa1* 基因大麦种质具有侧小穗无芒表型,该基因位于大麦2H染色体长臂 *Vrs1* 基因下游7.7 cM处<sup>[20-22]</sup>。

**3.2.2 芒的长短。**与大麦芒长相关的基因位点较多,主要表现为芒长的缩短。*suK* 位点位于大麦5H(*suKD*)和7H(*suKB*、*suKC*、*suKE*和*suKF*)染色体上<sup>[23]</sup>。位于4H染色体的 *lks5* 位点,位于7H染色体的 *AL7.1* 位点以及位于3H染色体SSR标记GBM1495和HVM33之间的QTL位点对大麦芒长存在显著影响<sup>[1,22-23]</sup>。

**3.2.3 芒型。**叶型芒是指芒的性状类似于小叶片的表型。据报道,位于大麦2H染色体的 *lel1* 位点和位于大麦4H染色体的 *lel2* 位点是与叶型芒表型相关的遗传因素<sup>[5,23]</sup>。

多芒表型是指大麦籽粒外稃顶端的芒出现分枝的表型。该表型与位于大麦2H染色体长臂的 *trp1* 位点相关<sup>[23-24]</sup>。

#### 4 对大麦芒存在显著影响的遗传因素

*Vrs1* 使大麦侧小穗不育,不育的侧小穗也无法长出相应的穗芒。*Vrs1* 基因突变后,丧失对侧小穗发育的抑制作用,大麦侧小穗变得可育,侧小穗也能长出相应的穗芒<sup>[25]</sup>。

油菜素内酯是大麦的重要激素类型,在大麦植株的生长发育过程中扮演重要角色。研究表明,位于大麦 3H 染色体编码油菜素内酯受体的 *HvBR11* 基因发生非同义突变,导致大麦株高显著下降,其芒长也显著缩短<sup>[26]</sup>。

因此,影响大麦芒的因素可能比较复杂,给大麦芒表型的选育带来了较大困难。

#### 5 展望

芒是大麦重要的光合器官,增加大麦光合产物是提升大麦产量的潜在途径之一。但是,如何准确测定麦芒的方法仍存在较多挑战。由于穗子大小不一,麦芒又是立体采光,现有针对叶片的光合作用测定仪无法对麦芒的光合作用进行直接、准确、快速的测定。快速、直接的检测手段的短缺严重阻碍了麦芒光合作用对大麦产量、品质影响的研究。采用剪芒或遮光等方法间接反映芒对大麦产量、品质的影响结果始终存在较大争议。因为剪芒、遮光等手段所产生的“胁迫作用”本身也可能是造成产量降低的重要原因。

芒的光合作用增加了大麦灌浆期的光合产物,但光合产物是否转化为产量,不同芒型、不同种质的转化率是否存在差异等问题仍需深入研究。只有明确了芒的光合产物是转化为产量还是生物产量、各种大麦主要芒型的转化率是否存在差异等问题,才能为大麦育种提供有益参考和技术支撑。

大麦茎秆的强度和韧性都较低,抗倒伏能力较弱,而倒伏是导致大麦低产的重要原因之一。芒,特别是长芒的存在,增加了穗子的质量和表面积,从而大幅增加了大麦在强风、强降雨过程中的倒伏风险。因此,只有在大麦抗倒伏能力强的条件下,芒的增产潜力才可能在大麦育种中得以应用。

#### 参考文献:

- [1] LILLER C B, WALLA A, BOER M P, et al. Fine mapping of a major QTL for awn length in barley using a multiparent mapping population[J]. Theoretical and Applied Genetics, 2017, 130(2): 269–281.
- [2] MÜLLER K J, ROMANO N, GERSTNER O, et al. The barley Hooded mutation caused by a duplication in a homeobox gene intron[J]. Nature, 1995, 374(6524): 727–730.
- [3] 冯宗云. 徐廷文大麦学术文集[M]. 成都: 四川科学技术出版社, 2006.
- [4] TERZI V, TUMINO G, PAGANI D, et al. Barley developmental mutants: the high road to understand the cereal spike morphology[J]. Diversity, 2017, 9(2): 21.
- [5] POZZI C, FACCIOLI P, TERZI V, et al. Genetics of mutations affecting the development of a barley floral bract[J]. Genetics, 2000, 154(3): 1335–1346.
- [6] 王 忠, 顾蕴洁, 高煜珠. 麦芒的结构及其光合特性[J]. 植物学报, 1993, 35(12): 921–928.
- [7] LI X F, BIN D, WANG H G. Awn anatomy of common wheat (*Triticum aestivum* L.) and its relatives[J]. Caryologia, 2010, 63(4): 391–397.
- [8] ZIEGLER-JÖNS A. Gas exchange of ears of cereals in response to carbon dioxide and light: I. Relative contributions of parts of the ears of wheat, oat, and barley to the gas exchange of the whole organ[J]. Planta, 1989, 178(1): 84–91.
- [9] MOTZO R, GIUNTA F. Awnedness affects grain yield and kernel weight in near-isogenic lines of durum wheat[J]. Crop and Pasture Science, 2002, 53(12): 1285–1293.
- [10] BORT J, FEBRERO A, AMARO T, et al. Role of awns in ear water-use efficiency and grain weight in barley[J]. Agronomie, 1994, 14(2): 133–139.
- [11] 高如嵩, 张宝军, 李文瑞. 大麦芒对籽粒产量的作用[J]. 西北农业大学学报, 1990, 18(1): 13–18.
- [12] HOSSEINI S M, POUSTINI K, SIDDIQUE K H M, et al. Photosynthesis of barley awns does not play a significant role in grain yield under terminal drought[J]. Crop and Pasture Science, 2012, 63(5): 489–499.
- [13] YOSHIDA T. On the Stomatal Frequency in Barley. II. Intra-plant variation, variety difference and heritability of stomatal frequency[J]. Japanese Journal of Breeding, 1977, 27(2): 91–97.
- [14] 元 斐, 邢丕一, 鲍印广, 等. 禾本科作物芒遗传研究进展[J]. 植物学报, 2020, 55(5): 613–622.
- [15] WILLIAMS-CARRIER R E, LIE Y S, HAKE S, et al. Ectopic expression of the maize *kn1* gene phenocopies the Hooded mutant of barley[J]. Development, 1997, 124(19): 3737–3745.

- [16] TAKETA S,YUO T,SAKURAI Y,et al. Molecular mapping of the short awn 2 (*lks2*) and dense spike 1 (*dsp1*) genes on barley chromosome 7H[J]. Breeding Science,2011,61(1):80–85.
- [17] YOU T,YAMASHITA Y,KANAMORI H,et al. A SHORT INTERNODES (SHI) family transcription factor gene regulates awn elongation and pistil morphology in barley[J]. Journal of Experimental Botany,2012,63(14):5223–5232.
- [18] MILNER S G,JOST M,TAKETA S,et al. Genebank genomics highlights the diversity of a global barley collection[J]. Nature Genetics,2019,51(2):319–326.
- [19] ROBERTSON D W,IMMER F R,WIEBE G A,et al. The location of two genes for mature plant characters in barley in linkage group No.11 [J]. Journal of the American Society of Agronomy,1944,36(1):36–42.
- [20] HUANG B G,HUANG D Q,HONG Z L,et al. Genetic analysis reveals four interacting loci underlying awn trait diversity in barley (*Hordeum vulgare*)[J]. Scientific Reports,2020,10:12533.
- [21] ROIG C,POZZI C,SANTI L C,et al. Genetics of barley hooded suppression[J]. Genetics,2004,167(1):439–448.
- [22] CHEN G D,LI H B,ZHENG Z,et al. Characterization of a QTL affecting spike morphology on the long arm of chromosome 3H in barley (*Hordeum vulgare* L.) based on near isogenic lines and a NIL-derived population [J]. Theoretical and Applied Genetics,2012,125(7):1385–1392.
- [23] HUANG B G,WU W R,HONG Z L. Genetic loci underlying awn morphology in barley[J]. Genes,2021,12(10):1613.
- [24] ROSSINI L,VECCHIETTI A,NICOLOSO L,et al. Candidate genes for barley mutants involved in plant architecture: an in silico approach [J]. Theoretical and Applied Genetics,2006,112(6):1073–1085.
- [25] KOMATSUDA T,POURKHEIRANDISH M,HE C F,et al. Six-rowed barley originated from a mutation in a homeodomain-leucine zipper I-class homeobox gene[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America,2007,104(4):1424–1429.
- [26] CHONO M,HONDA I,ZENIYA H,et al. A semidwarf phenotype of barley uzu results from a nucleotide substitution in the gene encoding a putative brassinosteroid receptor [J]. Plant Physiology,2003,133(3):1209–1219.

## Research Progress in Barley Awn

LI Jian, JIANG Mi, LIU Tinghui, XIE Shigang, ZHANG Ying, ZHAN Ruilin

(Ganzi Tibetan Autonomous Prefecture Institute of Agricultural Sciences, Kangding 626000, China)

**Abstract:** The awn, developing as a long slender extension of the lemma, is a reduced leaf and the product of long-term adaptation to the environment and evolution. Barley awn is rich in phenotypic variation, which plays an important role in grain filling and yield formation, and is one of the main targets for further improving barley yield. In this paper, we reviewed the research progress in the morphology, structure, function and genetic regulation mechanism of barley awn, discussed the positive and negative effects of barley awn on increasing barley yield, and put forward the difficulties that still need to be solved and the key points that need to be paid attention to in the study of barley awn photosynthesis, so as to provide a useful reference for the selection of barley awn types in the breeding process of barley varieties and the breeding of high-yield barley varieties.

**Key Words:** Barley; Awn; Photosynthesis; Research progress

腾海艳,任 昕,李魁浩,等. 硒对水稻生长和盐胁迫耐受性的影响[J/OL]. 大麦与谷类科学,2024,41(2):6–10,28. <https://doi.org/10.14069/j.cnki.32-1769/s.2024.02.002>.

# 硒对水稻生长和盐胁迫耐受性的影响

腾海艳,任 昕,李魁浩,刘 圆,龚勇超,韩宇琦

(宜春学院化学与生物工程学院,江西 宜春 336000)

**摘要:**为确定适合水稻生长发育的硒浓度,采用含不同亚硒酸钠浓度的木村 B 营养液对水稻苗进行培养、表型观察和生化测定。结果表明,2、4、8  $\mu\text{mol/L}$  硒均可促进水稻主根长度的增加,减少侧根数量,但不影响水稻地上部分生长;40、200  $\mu\text{mol/L}$  硒则引起水稻生长减慢或停止,总蛋白含量下降,SOD 活性提高。采用 8  $\mu\text{mol/L}$  亚硒酸钠 + 150 mmol/L 氯化钠共同进行胁迫处理,结果显示,亚硒酸钠提高了水稻的盐胁迫耐受性,叶片中的可溶性蛋白含量显著高于对照,SOD 的比活力则低于对照。

**关键词:** 硒;水稻;生长;盐胁迫;可溶性蛋白;SOD

中图分类号: S511

文献标志码: A

文章编号: 1673-6486-20230254

硒元素是维持生物体正常生长所必需的微量元素<sup>[1]</sup>。适量的硒对植物生长具有促进作用<sup>[2]</sup>,利于降低植物体内活性氧(reactive oxygen species, ROS)水平,提高对胁迫的抗性<sup>[3]</sup>。但是,当植株硒摄入过量时,则会引起一系列的中毒现象<sup>[4-5]</sup>。水稻是我国主要的粮食作物之一,稻米是以水稻为主粮地区人口摄入硒元素的重要来源。水稻对硒具有高度的敏感性,土壤中的硒含量为 0.5、1.0 mg/kg 时,可提高水稻的水分利用率和净光合作用<sup>[6]</sup>,而营养液中的硒酸钠浓度超过 0.1 mmol/L 时,水稻出现中毒症状<sup>[7]</sup>。此外,硒可通过抑制砷、汞、镉、钒等有毒元素和重金属元素的吸收对水稻起到保护作用<sup>[8-10]</sup>,或通过提高抗氧化酶的活性,对受到缺水胁迫的水稻产生保护作用<sup>[6]</sup>。然而,到目前为止,有利于水稻生长的合适硒浓度范围仍然未见较为明确的报道。此外,盐胁迫是水稻种植的主要制约因素之一,对水稻的胁迫作用包括通过渗透胁迫降低根系对水分的吸收,引起 ROS 过度积累,破坏各种细胞成分,以及通过盐离子在细胞内过度积累,引起离子应激,扰乱新陈代谢<sup>[11]</sup>。目前,硒元素能否提高水稻对盐胁迫等非生物胁迫的耐受性,以及发挥作用的适合浓度、作用机制等还不明确。

为探明硒元素对水稻生长和盐胁迫耐受性的

影响,本研究采用含不同浓度亚硒酸钠的木村 B 培养液对水稻苗进行培养,根据水稻的生长表型及可溶性蛋白含量、SOD(超氧化物歧化酶)活性变化等生理特性,确定适合水稻生长的硒浓度范围,并分析硒元素作用下水稻盐胁迫耐受性的变化,旨在为水稻的硒肥施用和富硒水稻等农产品的研究开发提供参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

水稻品种为中花 11。该品种株高 110 cm 左右,分蘖性较强,穗中等偏大,每穗 100 粒左右,粒较大,千粒质量 26 g 以上,米粒表面有光泽,腹白少,米质优良。稻种由武汉天问生物科技公司惠赠。

### 1.2 试验方法

**1.2.1 种子萌发及幼苗培养。**饱满无病虫害的中花 11 水稻种子,自来水冲洗干净后,换蒸馏水 28  $^{\circ}\text{C}$  浸泡约 40 h,铺于培养皿中滤纸上,28  $^{\circ}\text{C}$  暗培养至种子根长至 2 cm 左右,均匀播撒至培养盘,用木村 B 营养液培养。幼苗培养和硒处理均采用室温与自然光照,于 5—6 月份将水稻种植在宜春学院苗圃温室(114.36 $^{\circ}\text{E}$ 、27.79 $^{\circ}\text{N}$ )。

**1.2.2 硒处理浓度的选择。**根据《中华人民共和国地方病与环境图集》等相关调查研究提出的划分生态景观硒的标准:土壤硒含量  $\leq 0.2$  mg/kg 为低硒区界限值,  $> 0.2 \sim 0.4$  mg/kg 为中等硒含量范围,  $> 0.4 \sim 3.0$  mg/kg 为富硒区,超过 3.0 mg/kg 则视为硒过量

收稿日期: 2023-09-06; 修回日期: 2024-03-28。

基金项目: 2023 年宜春学院大学生创新创业训练计划项目 (X202310417001)。

作者简介: 腾海艳(1980—),女,博士,讲师,主要从事植物逆境生理研究。Email: tenghy477@163.com。

区(硒中毒区)<sup>[12-13]</sup>。参照上述标准,选择 2、4、8、40、200  $\mu\text{mol/L}$  硒浓度(2、4、8  $\mu\text{mol/L}$  对应的硒元素质量浓度分别为 0.16、0.32、0.64 mg/L, 分别为低度硒、中度硒、富硒浓度;40、200  $\mu\text{mol/L}$  对应 3.2、16.0 mg/L, 为硒中毒浓度范围),以不含亚硒酸钠(0  $\mu\text{mol/L}$ )的木村 B 营养液作为对照,对水稻进行硒处理。

**1.2.3 硒处理和表型统计。**选取生长状态一致的 1 叶 1 心期水稻苗,每个梯度 15 株,用含不同浓度亚硒酸钠的木村 B 营养液培养,每 3 d 更换 1 次营养液,培养至水稻苗出现表型差异后进行根长、主根数、侧根数、叶鞘长和叶长统计。

**1.2.4 盐胁迫处理。**取生长状态一致的 2 叶 1 心期水稻苗,分为 2 组,每组 20 株,一组用氯化钠浓度为 150 mmol/L、不含亚硒酸钠(0  $\mu\text{mol/L}$ )的木村 B 营养液处理,另一组用氯化钠浓度为 150 mmol/L、亚硒酸钠浓度为 8  $\mu\text{mol/L}$  的木村 B 营养液进行处理,处理 5 d 后,进行表型对比,并取样进行 SOD 活性测定和 MDA 含量测定。

**1.2.5 蛋白质含量和 SOD 活性测定。**对处理 5 d 后的水稻苗,剪下由上至下的第 2 片叶片,合并、剪碎,每个浓度平行称取 3 份,每份 50 mg,加入 1 mL 预冷的磷酸盐缓冲液(pH 值 7.8)和少量石英砂充分研磨,4  $^{\circ}\text{C}$ 、12 000 r/min 离心取上清,采用考马斯

亮蓝法<sup>[14]</sup>测定总蛋白含量,采用氯化硝基四氮唑蓝法<sup>[15]</sup>进行 SOD 活性的测定。

**1.2.6 MDA 含量测定。**将处理 5 d 后的水稻苗,剪下由上至下的第 2 片叶片,合并、剪碎,每个浓度平行称取 3 份,每份 100 mg,加入 2 mL 磷酸缓冲液和少量石英砂,研磨,离心,吸取上清液 1 mL,采用硫代巴比妥酸法<sup>[16]</sup>测定 MDA 含量。

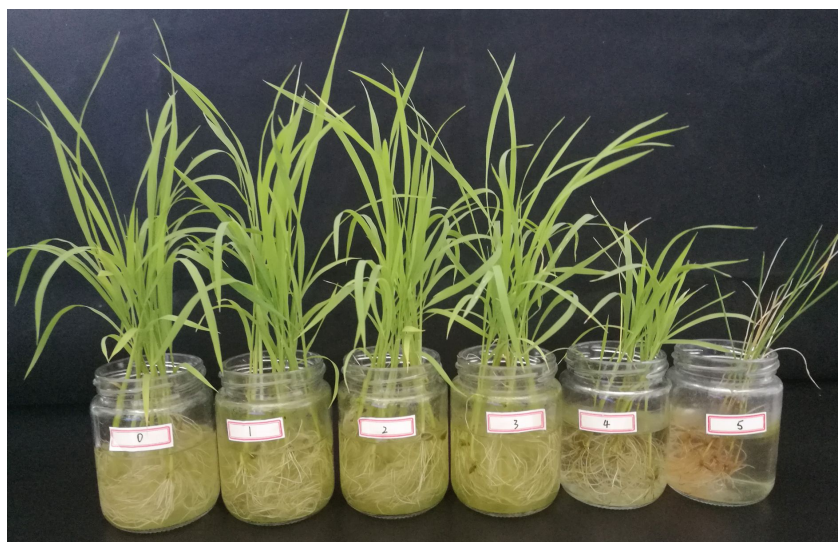
### 1.3 数据处理

采用 Excel 2007 和 SPSS 24.0 软件进行数据分析,结果用 Sigma Plot 10.0 软件作图。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同硒浓度处理下的水稻表型

由图 1 可知,1 叶 1 心期的水稻苗进行硒处理 2 周后,0、2、4、8  $\mu\text{mol/L}$  亚硒酸钠浓度下的水稻苗均已长至 3 叶 1 心期,生长状态无差异。40、200  $\mu\text{mol/L}$  硒浓度下的水稻苗出现了不同程度的中毒症状,2 组水稻苗根均呈现为棕褐色;40  $\mu\text{mol/L}$  下的水稻苗生长缓慢,长至 2 叶 1 心期;200  $\mu\text{mol/L}$  浓度下的水稻苗从处理开始即停止生长,且第 1 片叶已完全枯黄,第 2 片叶处于卷叶状态(图 1)。



从左至右亚硒酸钠浓度依次为 0(对照)、2、4、8、40、200  $\mu\text{mol/L}$

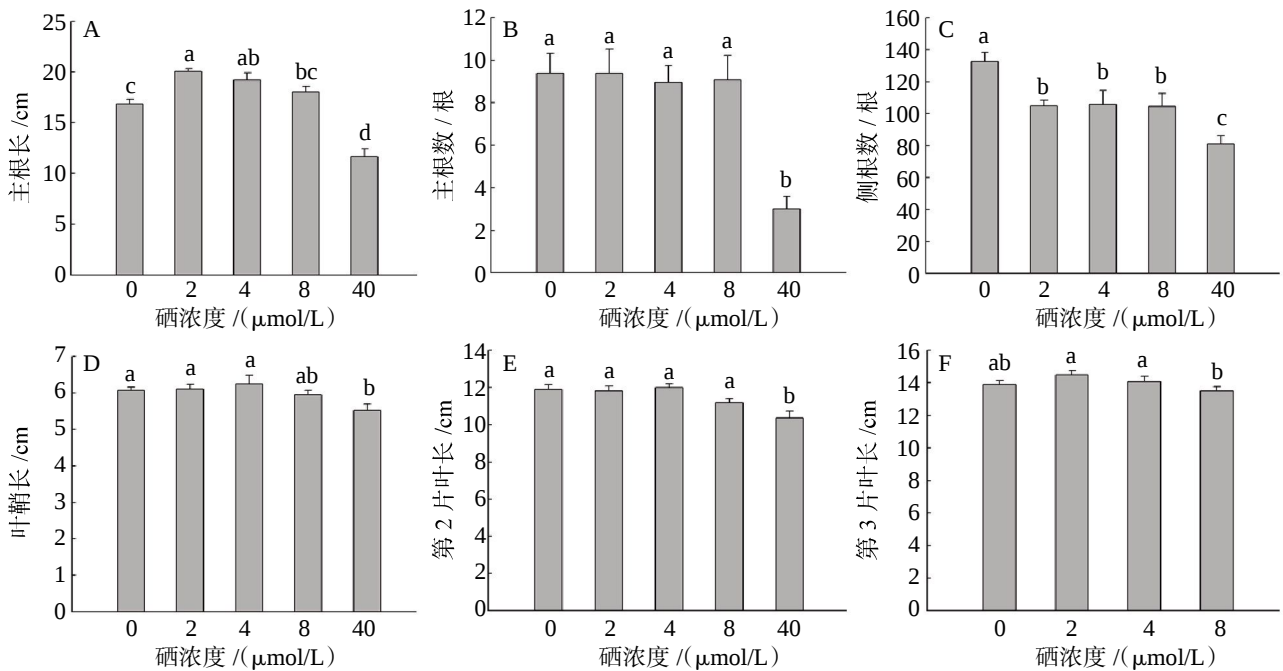
图 1 硒处理 2 周后的水稻苗

每株水稻取最长主根进行根长测量,与对照相比,2、4  $\mu\text{mol/L}$  浓度的亚硒酸钠能够显著增加水稻主根的长度,8  $\mu\text{mol/L}$  的亚硒酸钠也能够促进主根伸长,但与对照组的差异无统计学意义,硒浓度增加到 40  $\mu\text{mol/L}$  后,主根长度则显著下降,且远低于对照和

2、4、8  $\mu\text{mol/L}$  浓度下的根长(图 2-A)。在 2、4、8  $\mu\text{mol/L}$  硒浓度下,水稻主根数无明显变化,但在 40  $\mu\text{mol/L}$  浓度下,主根数量显著低于对照与 2、4、8  $\mu\text{mol/L}$  硒浓度下的水稻苗(图 2-B)。最长主根上的侧根数统计显示,不同浓度亚硒酸钠的添加均显著降低了水

稻的侧根数量(图 2-C)。与对照相比,2、4、8  $\mu\text{mol/L}$  硒浓度没有显著改变水稻叶鞘的长度,但 40  $\mu\text{mol/L}$  硒浓度处理的水稻苗叶鞘长度显著下降(图 2-D)。从下至上取第 2 片水稻叶片进行叶长测量的结果显示,2、4、8  $\mu\text{mol/L}$  硒浓度没有显著改变水稻第 2 片叶的长度,但 40  $\mu\text{mol/L}$  硒浓度处理的水稻

苗叶长显著低于对照和其他浓度处理(图 2-E)。由于 40  $\mu\text{mol/L}$  硒浓度处理的水稻苗处于 2 叶 1 心期,因此仅对 0、2、4、8  $\mu\text{mol/L}$  硒浓度下的第 3 片叶进行长度测量,结果显示,2、4、8  $\mu\text{mol/L}$  浓度硒处理下的第 3 片叶长与对照的差异均无统计学意义(图 2-F)。



不同小写字母代表处理间差异有统计学意义( $n=15, P<0.05$ )。图 3、图 4、图 6 同

图 2 不同硒浓度处理对水稻苗表型的影响

## 2.2 不同硒浓度对水稻叶片可溶性总蛋白含量的影响

由图 3 可知,不同浓度硒处理 6 d 的水稻,在 2、4、8  $\mu\text{mol/L}$  硒浓度下,叶片可溶性总蛋白量相比对照有所提高,但差异均无统计学意义;经 40  $\mu\text{mol/L}$  硒浓度处理的水稻,可溶性总蛋白含量则显著下降。

## 2.3 不同硒浓度对水稻叶片 SOD 活性的影响

SOD 活性测定结果表明,在 2、4、8  $\mu\text{mol/L}$  硒浓度下,SOD 活性与对照相比差异无统计学意义;在 40  $\mu\text{mol/L}$  硒浓度下,与对照及 2、4、8  $\mu\text{mol/L}$  硒浓度处理相比,SOD 活性显著升高(图 4)。

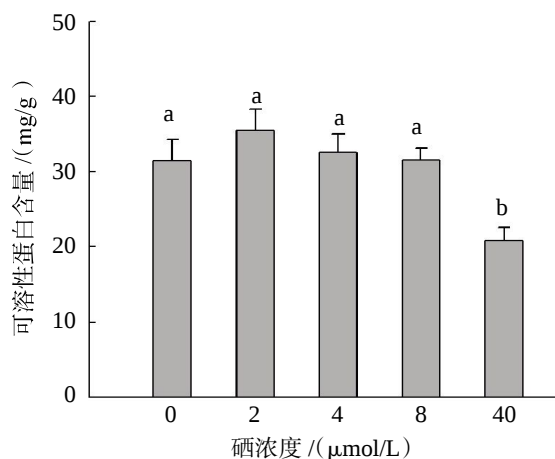


图 3 不同硒浓度处理下水稻叶片可溶性总蛋白含量

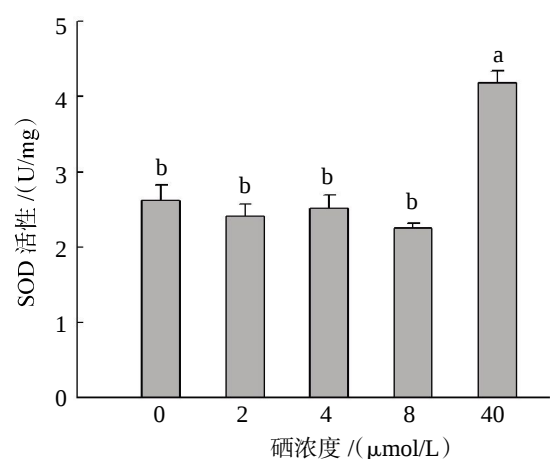


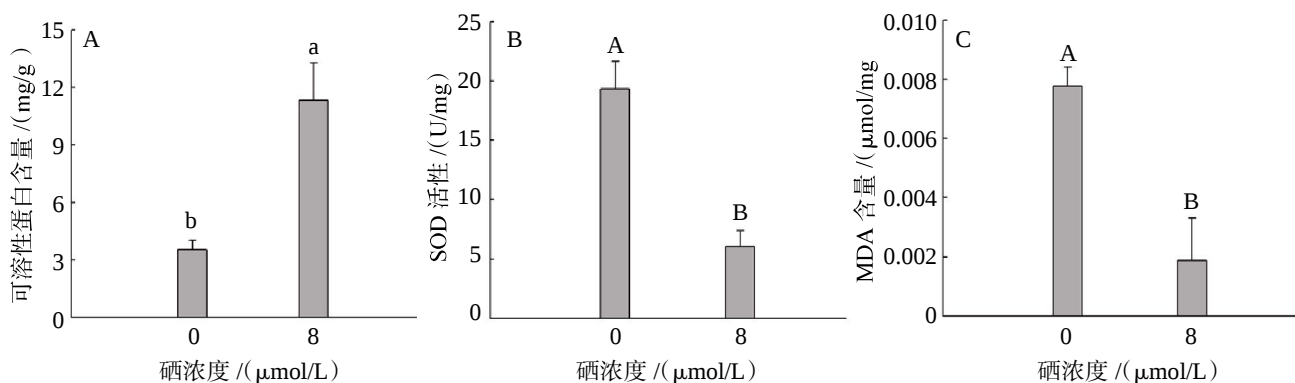
图 4 不同硒浓度处理下水稻叶片 SOD 活性

## 2.4 硒对水稻盐胁迫耐受性的影响

在  $0\ \mu\text{mol/L}$  硒浓度(不加亚硒酸钠)下,用浓度为  $150\ \text{mmol/L}$  氯化钠对水稻苗胁迫处理 5 d 后,所有处理样品均已完全卷叶,且多数叶片已干枯,但经亚硒酸钠( $8\ \mu\text{mol/L}$ )和氯化钠( $150\ \text{mmol/L}$ )共同处理的水稻苗,叶片中保留的绿色部分多于单独氯化钠处理的样品(图 5)。叶片样品分析结果显示,经  $8\ \mu\text{mol/L}$  亚硒酸钠和  $150\ \text{mmol/L}$  氯化钠共同处理的水稻,叶片中可溶性总蛋白的量显著高于未加硒的对照(图 6-A);SOD 活性则低于对照,2 样品的 SOD 活性差异具有高度统计学意义(图 6-B)。硒处理样品中的 MDA 含量(按照每 mg 蛋白计算)明显低于对照,与对照差异具高度统计学意义(图 6-C)。



氯化钠 亚硒酸钠 + 氯化钠  
图 5 盐胁迫处理下的水稻苗



不同小写字母代表差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ ),不同大写字母代表差异有高度统计学意义 ( $P < 0.01$ )

图 6  $150\ \text{mmol/L}$  盐胁迫处理下水稻叶片中可溶性总蛋白含量(A)、SOD 活性(B)和 MDA 含量(C)

## 3 讨论

摄入适量硒元素对维持人体正常新陈代谢和抵御多种疾病具有重要作用,谷类食物则是人体主要的硒元素来源<sup>[7]</sup>。因此,确定适合水稻生长的合理硒浓度范围,对水稻种植和硒元素影响作物生长机制的研究均具有重要的指导意义。本研究选择多个亚硒酸钠浓度对应土壤的不同硒含量对水稻苗进行处理的结果表明,对应于低硒、中度硒和富硒条件的  $2, 4, 8\ \mu\text{mol/L}$  3 种硒浓度均不影响水稻地上部分的生长和主根数量,但均提高了水稻主根的长度,减少了侧根数量。Malheiros 等研究发现,对应于富硒浓度的  $10\ \mu\text{mol/L}$  硒元素可通过下调生长素和乙烯的合成改变水稻根的形态建成<sup>[18]</sup>,本文的研究结果与之相符合,并且进一步确定,更低的硒浓度即可对水稻根的形态建成产生相同影响。

Mostofa 等研究表明,当营养液中硒浓度为

$0.1\ \text{mmol/L}$  或更高时,水稻出现了失绿、膜损伤、衰老、生长受阻、产量下降等一系列中毒症状,且严重程度随硒浓度的升高而加重<sup>[7]</sup>。本研究采用  $40, 200\ \mu\text{mol/L}$  硒浓度培养水稻苗的结果表明, $40\ \mu\text{mol/L}$  硒处理即可造成水稻生长速度的显著下降,并引起中毒表型,并且随硒浓度的提高,影响程度逐渐增强,该浓度范围与《中华人民共和国地方病与环境图集》<sup>[12]</sup>划定的硒中毒浓度范围一致;显著变化的蛋白质含量和 SOD 活性也表明, $40\ \mu\text{mol/L}$  硒浓度处理在水稻中引起了明显的代谢改变,并造成了氧化胁迫。

适量的硒浓度能够缓解植物因低温、高温、盐等多种因素造成的氧化胁迫,提高胁迫耐受性<sup>[19-21]</sup>。土壤硒浓度为  $0.5\ \text{mg/kg}$  (约  $6\ \mu\text{mol/kg}$ ) 时,硒元素通过参与抗氧化机制提高了水稻对脱水胁迫的耐受性<sup>[6]</sup>。本研究采用  $8\ \mu\text{mol/L}$  亚硒酸钠和  $150\ \text{mmol/L}$  氯化钠共同处理水稻,在亚硒酸钠作用下,水稻叶片中可溶性蛋白含量维持在比较高的水平,SOD 活性远

低于对照,说明叶片中的蛋白质转换率和氧化胁迫程度均低于对照,对盐胁迫的耐受性更高。

#### 4 结论

较低浓度的硒对水稻根的形态建成具有一定影响,但不影响水稻地上部分的生长,且富硒浓度处理能提高水稻对盐胁迫的耐受性。高浓度的硒对水稻具有毒性,严重影响水稻的生长并引起氧化胁迫。

#### 参考文献:

- [1] 姚 莉,段玉峰. 微量元素硒与生物体健康[J]. 广东微量元素科学,2004,11(2):8–13.
- [2] BOLDRIN P F,DE FIGUEIREDO M A,YANG Y,et al. Selenium promotes sulfur accumulation and plant growth in wheat (*Triticum aestivum*)[J]. *Physiologia Plantarum*,2016,158(1):80–91.
- [3] FENG R W,WEI C Y,TU S X. The roles of selenium in protecting plants against abiotic stresses[J]. *Environmental and Experimental Botany*,2013,87:58–68.
- [4] GOMES-JUNIOR R A,GRATÃO P L,GAZIOLA S A,et al. Selenium-induced oxidative stress in coffee cell suspension cultures[J]. *Functional Plant Biology:FPB*,2007,34(5):449–456.
- [5] GAROUSHI F,VERES S,KOVÁCS B. Comparison of selenium toxicity in sunflower and maize seedlings grown in hydroponic cultures[J]. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*,2016,97(5):709–713.
- [6] ANDRADE F R,DA SILVA G N,GUIMARÃES K C,et al. Selenium protects rice plants from water deficit stress[J]. *Ecotoxicology Environmental Safety*,2018,164:562–570.
- [7] MOSTOFA M G,HOSSAIN M A,SIDDIQUI M N,et al. Phenotypical, physiological and biochemical analyses provide insight into selenium-induced phytotoxicity in rice plants[J]. *Chemosphere*,2017,178:212–223.
- [8] CAMARA A Y,WAN Y N,YU Y,et al. Effect of endogenous selenium on arsenic uptake and antioxidative enzymes in As-exposed rice seedlings[J]. *International Journal Environmental Research and Public Health*,2019,16(18):3350.
- [9] HUANG Q Q,XU Y M,LIU Y Y,et al. Selenium application alters soil cadmium bioavailability and reduces its accumulation in rice grown in Cd-contaminated soil[J]. *Environmental Science and Pollution Research*,2018,25(31):31175–31182.
- [10] 杜宝山. 硒对钒和镉胁迫下水稻种子萌发和幼苗活力的影响[J]. 河南农业,2018(32):14–15.
- [11] QIN H,LI Y X,HUANG R F. Advances and challenges in the breeding of salt-tolerant rice[J]. *International Journal of Molecular Sciences*,2020,21(21):8385.
- [12] 中华人民共和国地方病与环境图集编纂委员会. 中华人民共和国地方病与环境图集[M]. 北京:科学出版社,1989.
- [13] 王 锐,余 涛,曾庆良,等. 我国主要农耕地土壤硒含量分布特征、来源及影响因素[J]. 生物技术进展,2017,7(5):359–366.
- [14] BRADFORD M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding[J]. *Analytical Biochemistry*,1976,72(1/2):248–254.
- [15] 沈文彪,徐朗莱,叶茂炳,等. 氮蓝四唑光化还原法测定超氧化物歧化酶活性的适宜条件[J]. 南京农业大学学报,1996,19(2):101–102.
- [16] 赵世杰,许长成,邹 琦,等. 植物组织中丙二醛测定方法的改进[J]. 植物生理学通讯,1994,30(3):207–210.
- [17] ZHANG L H,CHU C C. Selenium uptake,transport,metabolism, reutilization, and biofortification in rice[J]. *Rice*,2022,15(1):30.
- [18] MALHEIROS R S P,COSTA L C,ÁVILA R T,et al. Selenium downregulates auxin and ethylene biosynthesis in rice seedlings to modify primary metabolism and root architecture[J]. *Planta*,2019,250(1):333–345.
- [19] HUANG C P,QIN N N,SUN L,et al. Selenium improves physiological parameters and alleviates oxidative stress in strawberry seedlings under low-temperature stress[J]. *International Journal Molecular Sciences*,2018,19(7):1913.
- [20] DJANAGUIRAMAN M,PRASAD P V V,SEPPANEN M. Selenium protects sorghum leaves from oxidative damage under high temperature stress by enhancing antioxidant defense system [J]. *Plant Physiology and Biochemistry*,2010,48(12):999–1007.
- [21] ELKELISH A A,SOLIMAN M H,ALHAITHLOUL H A,et al. Selenium protects wheat seedlings against salt stress-mediated oxidative damage by up-regulating antioxidants and osmolytes metabolism[J]. *Plant Physiology and Biochemistry:PPB*,2019,137:144–153.

(下转第 28 页)

杨永辉,武继承,高翠民,等. 滴灌条件下灌水量对冬小麦、夏玉米周年水分利用的影响[J/OL]. 大麦与谷类科学,2023,41(2):11-17.  
https://doi.org/10.14069/j.cnki.32-1769/s.2024.02.003.

# 滴灌条件下灌水量对冬小麦、夏玉米周年水分利用的影响

杨永辉<sup>1,2,3</sup>,武继承<sup>1,2,3</sup>,高翠民<sup>1,2,3</sup>,张运红<sup>1</sup>,潘晓莹<sup>1,2,3</sup>,何方<sup>1,2,3</sup>

(1.河南省农业科学院植物营养与资源环境研究所,河南 郑州 450002;2.农业部作物高效用水原阳科学观测实验站,河南 原阳 453514;3.河南省黄河流域节水农业野外科学观测研究站,河南 原阳 453514)

**摘要:**为探明滴灌条件下灌水量对小麦、玉米周年水分利用的影响,采用田间试验,开展滴灌条件下灌水量(小麦季:处理 W1—W6,分别为 0、20、40、60、80、100 mm/次;玉米季:处理 M1—M6,分别为 0、15、30、45、60、75 mm/次)对小麦生长、叶片 SPAD 值、光合生理特征及小麦、玉米产量和水分利用等的影响研究。结果表明:滴灌提高了小麦叶片的 SPAD 值、改善了小麦光合生理特征,小麦、玉米产量构成要素及产量均相应提高。随灌水量的增加,小麦叶片的 SPAD 值、光合速率、蒸腾速率及小麦、玉米单位面积产量及周年总产量均表现为先增加后降低的趋势。小麦、玉米周年总耗水量随灌水量的增加而增加,小麦叶片水分利用效率在灌浆期随灌水量的增加呈逐渐降低的趋势,小麦、玉米籽粒水分利用效率及灌水利用率随灌水量的增加均表现为先降后增再降的趋势。不同灌水量处理中,处理 W3 和 W4 更利于提高小麦叶片的 SPAD 值,处理 W5 对光合速率的提高更为显著,处理 W4 更利于提高小麦的产量,而处理 W3 对小麦的水分利用效率的提高更为有利。处理 M5 的玉米产量和灌水利用率显著高于其他处理,且籽粒水分利用效率也相对较高。对于小麦、玉米周年产量而言,处理 W5+M5 增产效果最佳。

**关键词:**滴灌;灌水量;光合特征;小麦;玉米;水分利用

**中图分类号:**S512.1;S513

**文献标志码:**A

**文章编号:**1673-6486-20230255

小麦、玉米轮作过程中,水、肥、气、热等对其生长产生重要影响。在众多因子中,水肥 2 因子起着决定性作用<sup>[1]</sup>。作物产量越高,消耗的养分和水分就越多,但并非水肥供应量越大,产量就越高<sup>[2]</sup>,过量施肥不仅会降低作物产量,而且导致养分的浪费<sup>[3]</sup>。因此,合理的水肥供应与调控是作物高产的重要措施。在华北平原由于季风气候的影响,冬小麦和玉米生长过程中经常出现季节性干旱,必须依靠灌溉水的补充才能获得冬小麦、玉米稳定的产量<sup>[4]</sup>,但该区冬小麦生产过程灌溉水用量过大<sup>[5]</sup>,地下水超采严重<sup>[6]</sup>,且作物用水效率低下<sup>[7]</sup>,进行漫灌形式的灌溉仍大面积存在,用水效率较低。

滴灌比传统的灌溉技术具有明显的节水与增产的优点。由于滴灌过程可有效减少土面的无效蒸发,且均匀地将水分供应于作物的根系,从而有效提高作物产量<sup>[8-10]</sup>和水分利用率<sup>[11]</sup>,故滴灌被认为是

最高效的节水灌溉技术之一<sup>[8]</sup>。研究表明,滴灌能够改善表层土壤团粒结构,培肥土壤<sup>[12]</sup>,增强土壤保墒效果,提高土壤含水量<sup>[13]</sup>,促进小麦根系生长;同时,滴灌可以增加作物叶面积,提高其光合作用<sup>[14-15]</sup>,促进干物质的积累与分配,提高产量及水分利用效率<sup>[16-17]</sup>。在限水灌溉条件下,地下滴灌增加了玉米吐丝后干物质积累量,产量提高;在充分供水条件下,地表滴灌更有利于干物质及氮素的积累,但水分利用效率未显著增加<sup>[18]</sup>。说明滴灌可提高作物产量,但水分利用效率的提高则因水分供应条件而定。

目前,关于滴灌条件下对作物产量及水分利用的研究已屡见不鲜,但综合考虑小麦、玉米周年水分管理、利用和节水增产的机理与水分需求量的研究相对较少,因此,本文就滴灌条件下,小麦、玉米生产过程中的最佳灌溉量及其生理响应特征等进行研究,以期确定小麦、玉米合理的节水增产增效灌溉量提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

本研究设置在河南省浚县卫溪街道付庄村

收稿日期:2023-09-07;修回日期:2024-04-09。

基金项目:河南省重大科技专项(222200220700);河南省农业科学院自主创新基金项目(2023ZC038);河南省农业科学院科技创新团队项目(2024TD27);河南省中央引导地方项目。

作者简介:杨永辉(1978—),男,博士,副研究员,研究方向为水肥资源利用与管理。Email: yangyongh2020@126.com。

(114°30'E, 35°38'N)。该地区属于暖温带半湿润性季风气候,年平均日照时间为2331.8 h,日照充足;年平均温度为13.7℃;年平均降水量约为647.3 mm,主要集中在7—8月,占全年降水量的51.4%。研究区土壤类型为潮土,土壤基本理化性质:容重1.36 g/cm<sup>3</sup>,pH值7.93,有机质含量(质量分数,下同)18.6 g/kg,全氮、全磷、全钾含量分别为1.37、0.68、2.43 g/kg,速效氮、速效磷、速效钾含量分别为122.63、17.82、149.00 mg/kg。该区种植制度为小麦、玉米轮作。本研究于2017年10月20日进行小麦播种,2018年6月1日小麦收获,6月6日进行玉米播种,9月30日玉米收获。根据图1中2017年10月到2018年9月底小麦、玉米全生育期的降雨量可知,在小麦分蘖期到返青期的降雨量明显低于其他时期,小麦抽穗期(4月)降雨量急剧增加,小麦收获前(5月)的降雨量超过了70 mm。玉米整个生育期的降雨量均较为充分,从6月份玉米播种到收获,降雨量表现为先降后增再降的趋势,8月份降雨量超过了110 mm。

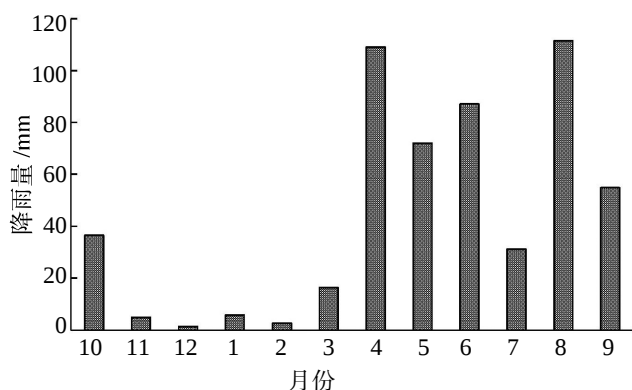


图1 2017.10—2018.09小麦、玉米生育期内降雨量分布特征

## 1.2 试验设计

试验小区采用随机区组分布,灌溉方式为滴灌,小区长6 m、宽5 m。

**1.2.1 小麦试验方案。**小麦灌水量设置0、20、40、60、80、100 mm/次(处理W1—W6)。灌水时期为小麦拔节期、孕穗期和灌浆期。氮肥用量为240 kg/hm<sup>2</sup>,底施60%,在拔节期、孕穗期和灌浆期分别追施氮肥20%、10%、10%。磷肥135 kg/hm<sup>2</sup>、钾肥90 kg/hm<sup>2</sup>与氮肥一起底施,小麦行距20 cm,滴灌带间隔铺设,40 cm一条滴灌带。

**1.2.2 玉米试验方案。**玉米灌水量设置0、15、30、45、60、75 mm/次(处理M1—M6)。灌水时期为玉米

拔节期、大喇叭口期和灌浆期,同时进行氮肥追肥(氮肥用量为270 kg/hm<sup>2</sup>,底施60%),在大喇叭口期和灌浆期分别追施氮肥25%和15%。磷肥135 kg/hm<sup>2</sup>、钾肥90 kg/hm<sup>2</sup>与氮肥一起底施。玉米行距为60 cm,滴灌带间隔铺设,120 cm一条滴灌带。

## 1.3 测定项目与方法

**1.3.1 净光合速率测定。**光合参数采用美国Li-Cor公司生产的Li-6400光合仪测定。在小麦的拔节期和灌浆期选择晴朗无风的天气,于9:30—11:00进行光合参数的测定。测定叶片部位分别为最新全展叶和旗叶。同时,利用叶绿素仪SPAD-502测定小麦叶片SPAD值。

**1.3.2 土壤水分测定与水分利用效率、灌水利用率计算。**在小麦、玉米播种前和收获期,采用土钻获取0~100 cm土层(0~20、>20~40、>40~60、>60~80、>80~100 cm)土壤,放入烘箱中105℃烘24 h,测定含水量,进而得知0~100 cm土层土壤储水量,并计算全生育期耗水量、水分利用效率及灌水利用率。

依据公式 $h = H_s \times w \times d \times 10$ ,将质量含水量g换算成mm,式中: $h$ 为土壤水含量(mm); $H_s$ 为土层深度(cm); $w$ 为土壤含水率(%); $d$ 为土壤容重(g/cm<sup>3</sup>)。

全生育期耗水量(mm)=播种前土壤储水量(mm)+生育期内降水量(mm)+生育期内灌水量(mm)-收获时土壤储水量(mm);

水分利用效率[kg/(mm·hm<sup>2</sup>)] = 籽粒产量(kg/hm<sup>2</sup>)/全生育期耗水量(mm);

灌水利用率(kg/m<sup>3</sup>) = [灌水处理产量(kg/hm<sup>2</sup>) - 未灌水处理产量(kg/hm<sup>2</sup>)] / 总灌水量(m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>);

小麦、玉米周年总耗水量(mm) = 小麦耗水量(mm) + 玉米耗水量(mm);

小麦、玉米周年总产量(kg/hm<sup>2</sup>) = 小麦产量(kg/hm<sup>2</sup>) + 玉米产量(kg/hm<sup>2</sup>);

小麦、玉米周年水分利用效率[kg/(mm·hm<sup>2</sup>)] = 小麦、玉米周年总产量(kg/hm<sup>2</sup>) / 小麦、玉米周年总耗水量(mm);

小麦、玉米周年灌水利用率(kg/m<sup>3</sup>) = 小麦、玉米周年总产量(kg/hm<sup>2</sup>) / 小麦、玉米周年总灌水量(m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>)。注:1 mm=10 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>。

**1.3.3 产量测定及其构成因素。**在小麦和玉米收获时,采用精确度为1 mm的卷尺测量小麦株高、穗长及玉米株高、穗位高、穗长、穗粗(周长),并调查小麦的小穗数、不孕穗数、穗粒数及玉米行数、双行粒

数。小麦每小区收获 4 m<sup>2</sup> 记产;玉米每小区取 3 行记产。

#### 1.4 数据处理

光合参数为 3 次重复处理(且每重复内平行测定 3 次样品)的平均值,其他结果为 3 次重复处理的平均值,所得数据采用 SPSS 19.0 处理。

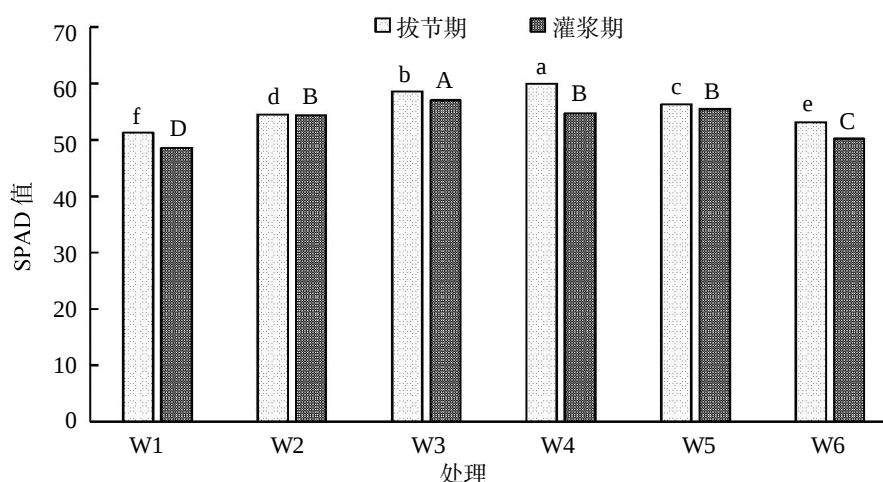
## 2 结果与分析

### 2.1 灌水量对小麦叶片相对叶绿素含量的影响

由图 2 中可知,小麦拔节期的叶片 SPAD 值均高于灌浆期。随灌水量的增加,不同生育期的 SPAD 值表现为先增加再降低的趋势。在拔节期,以 W4 的 SPAD 值最高,其次为 W3、W5、W2、W6 和 W1;到灌浆期,以 W3 的 SPAD 值最高,W2、W4、W5 居中,其次为 W6,W1 最低。说明适宜的灌水更利于提高小麦叶片的 SPAD 值。

### 2.2 灌水量对小麦光合生理特征的影响

从表 1 中可知,除 W4 外,灌浆期的光合速率和蒸腾速率均高于拔节期,除 W5 外,灌浆期的气孔导度均高于拔节期,但灌浆期不同处理的叶片水分利用效率均低于拔节期。随灌水量的增加,小麦光合速率、气孔导度及蒸腾速率表现为逐渐增加而后降低的趋势,而叶片水分利用效率在拔节期表现为先降低而后增加的趋势,在灌浆期表现为逐渐降低的趋势。各处理中,2 个生育期均以 W5 的光合速率和蒸腾速率最大,在拔节期仍以 W5 的气孔导度最大;到灌浆期,W5 和 W6 的气孔导度较其他处理高,而 W5 的叶片水分利用效率低于其他处理,对照的叶片水分利用效率最大,其次为 W2。说明灌水量 80 mm/ 次更利于光合速率的提高,但不利于叶片瞬时水分利用效率的提高,而适宜的灌水量有利于叶片水分利用效率的提高,例如 W2(20 mm/ 次)。



相同生育期(灌浆期或拔节期)不同大、小写字母表示不同处理差异有统计学意义( $P < 0.05$ )

图 2 拔节期和灌浆期小麦叶片相对叶绿素含量(SPAD 值)

表 1 不同灌水量小麦拔节期和灌浆期光合生理特征分析

| 处理 | 光合速率 /<br>[ $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ] |          | 气孔导度 /<br>[ $\text{mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ] |         | 蒸腾速率 /<br>[ $\text{mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ] |        | 叶片水分利用效率 /<br>( $\mu\text{mol}/\text{mmol}$ ) |         |
|----|-----------------------------------------------------------|----------|---------------------------------------------------------|---------|---------------------------------------------------------|--------|-----------------------------------------------|---------|
|    | 拔节期                                                       | 灌浆期      | 拔节期                                                     | 灌浆期     | 拔节期                                                     | 灌浆期    | 拔节期                                           | 灌浆期     |
| W1 | 8.71 e                                                    | 11.45 c  | 0.10 e                                                  | 0.32 c  | 1.95 e                                                  | 3.16 c | 4.47 a                                        | 3.62 a  |
| W2 | 10.09 d                                                   | 11.60 c  | 0.20 d                                                  | 0.34 c  | 2.35 d                                                  | 3.26 c | 4.29 a                                        | 3.56 ab |
| W3 | 11.00 c                                                   | 13.33 b  | 0.31 c                                                  | 0.40 bc | 3.05 c                                                  | 3.93 b | 3.61 b                                        | 3.39 b  |
| W4 | 14.11 a                                                   | 13.17 b  | 0.39 b                                                  | 0.43 b  | 3.76 b                                                  | 3.93 b | 3.75 b                                        | 3.35 b  |
| W5 | 14.43 a                                                   | 14.97 a  | 0.57 a                                                  | 0.53 ab | 4.61 a                                                  | 5.33 a | 3.13 c                                        | 2.81 c  |
| W6 | 12.87 b                                                   | 13.65 ab | 0.38 b                                                  | 0.57 a  | 3.67 b                                                  | 5.00 a | 3.50 b                                        | 2.73 c  |

注:同列数据后不同小写字母表示处理间差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。下同。

### 2.3 灌水量对小麦产量构成要素及水分利用的影响

由表 2 中可知,随灌水量的增加,小麦株高、穗长、穗粒数、千粒质量均表现为先增加后降低而后增加的趋势,而有效穗数表现为先降后增再降的趋势;最终的小麦产量也表现出先增加后降低的趋势;耗水量表现为先增后降再逐渐增加的趋势,水分利用效率和灌水利用率表现为先降后增再降低的趋势。各处理中,W4 的产量最高,W1 和 W3 水分利用效率较高,而 W2 的灌水利用率显著高于其他处理。

### 2.4 灌水量对玉米产量构成要素及水分利用的影响

由表 3 可知,随灌水量的增加,玉米株高表现

为先降后增再降低的趋势,穗位高表现为先增加而后降低的趋势,穗长表现为先增后降再增加的趋势。灌水显著提高了玉米穗粗,但不同灌水处理之间差异无统计学意义。玉米行粒数随灌水量的增加表现为先增后降再增加的趋势,有效穗数表现为先增后降再增的趋势,百粒质量则表现为先降后增再降的趋势,而耗水量表现为逐渐增加的趋势。玉米产量随灌水量的增加表现为先增加后降低的趋势,而水分利用效率表现为先降低后增加再降低的趋势,其中 M5 产量最高,M1 的水分利用效率最高,其次为 M2、M5 和 M4。灌水利用率随灌水量的增加表现为先降低后增加再降低的趋势,M5 和 M2 显著高于其他处理。

表 2 不同灌水量处理小麦产量构成要素与水分利用分析

| 处理 | 株高 /<br>cm | 穗长 /<br>cm | 有效穗数 /<br>(万个 /hm <sup>2</sup> ) | 小穗数 /<br>个 | 穗粒数 /<br>(粒 / 穗) | 千粒质量 /<br>g | 耗水量 /<br>mm | 产量 /<br>(kg/hm <sup>2</sup> ) | 水分利用效率 /<br>[kg/(mm·hm <sup>2</sup> )] | 灌水利用率 /<br>(kg/m <sup>3</sup> ) |
|----|------------|------------|----------------------------------|------------|------------------|-------------|-------------|-------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------|
| W1 | 43.0 d     | 5.7 c      | 589.5 b                          | 13.8 e     | 26.0 de          | 39.5 c      | 246.3 e     | 5 814.9 e                     | 23.6 a                                 | —                               |
| W2 | 65.5 c     | 6.9 ab     | 514.5 cd                         | 14.3 d     | 27.3 d           | 47.3 b      | 324.5 d     | 6 714.6 d                     | 20.7 b                                 | 1.50 a                          |
| W3 | 71.1 b     | 7.0 a      | 523.0 c                          | 18.0 a     | 35.6 a           | 48.1 ab     | 304.6 d     | 7 113.3 c                     | 23.4 a                                 | 1.08 b                          |
| W4 | 73.6 a     | 6.0 bc     | 532.7 c                          | 16.3 c     | 32.0 b           | 49.0 a      | 391.1 c     | 7 910.8 a                     | 20.2 b                                 | 1.16 b                          |
| W5 | 70.5 b     | 6.1 bc     | 617.2 a                          | 17.0 b     | 25.6 e           | 47.8 b      | 442.0 b     | 7 628.2 b                     | 17.3 c                                 | 0.76 c                          |
| W6 | 71.2 b     | 6.6 ab     | 483.9 d                          | 16.8 bc    | 31.6 c           | 49.1 a      | 517.6 a     | 7 617.5 b                     | 14.7 d                                 | 0.60 c                          |

表 3 不同灌水量处理玉米产量构成要素与水分利用分析

| 处理 | 株高 /<br>cm | 穗位高 /<br>cm | 穗长 /<br>cm | 有效穗数 /<br>(万个 /hm <sup>2</sup> ) | 穗粗<br>(周长)/cm | 行数 /<br>行 | 双行穗<br>粒数 / 粒 | 百粒<br>质量 /g | 耗水量 /<br>mm | 产量 /<br>(kg/hm <sup>2</sup> ) | 水分利用效率 /<br>[kg/(mm·hm <sup>2</sup> )] | 灌水利用率 /<br>(kg/m <sup>3</sup> ) |
|----|------------|-------------|------------|----------------------------------|---------------|-----------|---------------|-------------|-------------|-------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------|
| M1 | 216.8 d    | 80.2 d      | 13.6 d     | 6.7 ab                           | 12.5 b        | 13.6 c    | 39.4 e        | 40.2 bc     | 212.7 f     | 9 430.2 d                     | 44.3 a                                 | —                               |
| M2 | 210.8 e    | 80.8 d      | 15.2 c     | 6.8 ab                           | 13.5 a        | 14.8 bc   | 51.0 d        | 39.3 c      | 246.2 e     | 10 519.8 c                    | 42.7 b                                 | 2.42 a                          |
| M3 | 241.6 b    | 89.2 b      | 17.7 ab    | 5.8 c                            | 14.1 a        | 15.6 ab   | 66.0 a        | 40.5 b      | 385.0 d     | 10 822.6 c                    | 28.1 cd                                | 1.55 d                          |
| M4 | 255.0 a    | 90.8 b      | 18.4 a     | 6.4 b                            | 13.5 a        | 14.0 c    | 62.8 c        | 41.3 a      | 407.1 c     | 11 958.8 b                    | 29.4 c                                 | 1.87 c                          |
| M5 | 252.4 a    | 94.0 a      | 17.5 b     | 6.8 ab                           | 14.4 a        | 16.0 a    | 61.2 c        | 41.4 a      | 469.7 b     | 14 076.9 a                    | 30.0 c                                 | 2.58 a                          |
| M6 | 230.8 c    | 85.0 c      | 18.8 a     | 7.0 a                            | 14.1 a        | 14.8 bc   | 63.2 b        | 40.5 bc     | 502.6 a     | 13 976.9 a                    | 27.8 d                                 | 2.02 b                          |

### 2.5 灌水量对小麦、玉米周年产量及水分利用的影响

由表 4 可知,小麦、玉米周年耗水量随灌水量的增加而增加,而周年产量表现为先增加而后降低的趋势。各处理中,处理 W5 + M5 和处理 W6 + M6 的周年产量显著高于其他处理,其次为处理

W4 + M4、处理 W3 + M3、处理 W2 + M2,对照(处理 W1 + M1)最低;而周年水分利用效率随灌水量的增加呈下降趋势,以处理 W1 + M1 最高。总灌水利用率随灌水量的增加表现为先降后增再降低的趋势,各处理中以处理 W2 + M2 为最高。

表 4 不同灌水量处理小麦、玉米周年产量及水分利用分析

| 处理      | 周年耗水量 /<br>mm | 周年产量 /<br>(kg/hm <sup>2</sup> ) | 周年水分利用效率 /<br>[kg/(mm·hm <sup>2</sup> )] | 总灌水利用率 /<br>(kg/m <sup>3</sup> ) |
|---------|---------------|---------------------------------|------------------------------------------|----------------------------------|
| W1 + M1 | 459.0 f       | 15 245.1 d                      | 33.2 a                                   | —                                |
| W2 + M2 | 570.7 e       | 17 234.3 c                      | 30.2 b                                   | 1.89 a                           |
| W3 + M3 | 689.6 d       | 17 936.0 c                      | 26.0 c                                   | 1.28 c                           |
| W4 + M4 | 798.1 c       | 19 869.6 b                      | 24.9 cd                                  | 1.47 b                           |
| W5 + M5 | 911.7 b       | 21 705.1 a                      | 23.8 d                                   | 1.54 b                           |
| W6 + M6 | 1 020.3 a     | 21 594.4 a                      | 21.2 e                                   | 1.21 c                           |

### 3 讨论与结论

小麦、玉米周年水分需求及利用特征研究对其周年水分高效利用与管理具有重要意义。滴灌作为一种有效的节水灌溉措施,因具有显著的节水增产效果,对于大田作物的研究与影响越来越受到关注。众多研究表明,灌水量与作物的耗水量、光合速率、产量及水分利用效率等存在一定的相关关系<sup>[13,19]</sup>。关键生育期的补充灌溉对于减少作物过多水分消耗和农田节水至关重要。拔节期和灌浆期是决定小麦群体数和籽粒产量提高的关键时期,此时的水分补充非常关键<sup>[20]</sup>,适时补灌可改善作物叶片的生理机能,促进作物生长。本研究发现,随灌水量的增加,在拔节期和灌浆期,小麦的叶片相对叶绿素含量 (SPAD 值) 明显高于未灌水处理,拔节期不同灌水量的叶片 SPAD 值明显高于灌浆期,但随灌水量的增加,叶片 SPAD 值表现为先增后降的趋势,拔节期以处理 W4 最高,而灌浆期以处理 W3 最高。说明过多的灌水并不能保持叶片 SPAD 值的持续提高,需要注意适宜的补灌量,从而提高小麦的光合潜力。随灌水量的增加,小麦的光合速率也表现为先增加后降低的趋势,但在拔节期和灌浆期均以处理 W5 的光合速率最高,说明 SPAD 值与光合速率对水分的响应敏感度存在一定的差异。在小麦关键生育期进行灌水量 80 mm/次更利于光合速率、蒸腾速率及气孔导度的提高,而适当的水分亏缺或适宜的灌水有利于叶片水分利用效率的提高。本研究发现,随灌水量的增加,光合速率和蒸腾速率均表现为先增加后降低的趋势,且均高于未灌水处理。在拔节期,随灌水量的增加,小麦叶片的气孔导度仍表现为先增后降的趋势,而在灌浆期则表现为逐渐增加的趋势。说明灌水提高了小麦叶片的气孔导度,在促进光合速率提高的同时,蒸腾速率也相应提高。从本研究结果来看,蒸腾速率提高的幅度大于光合速

率,从而导致随灌水量的增加,叶片水分利用效率逐渐降低,且均低于对照。这与杨永辉等的研究结果<sup>[21]</sup>不同,可能与作物品种和研究区气候环境不同有关,需要进一步深入研究。

研究表明,灌水量与作物耗水量呈一定正相关关系,随灌水量的增加,灌水利用效率显著降低<sup>[22]</sup>。本研究发现,随灌水量的增加,小麦的总耗水量明显增加,因为过多的水分会造成作物奢侈耗水,且对光合速率也有一定的抑制作用,产量增加幅度随灌水量的增加而逐渐降低。已有研究表明,产量和灌水量呈抛物线的关系,即随着灌水量的增加,产量先增加后下降或保持稳定<sup>[19,23]</sup>,适度的水分胁迫可以提高小麦的水分利用效率<sup>[22,24]</sup>。本研究发现,小麦的水分利用效率和灌水利用率随灌水量的增加表现为先降后增再降低的趋势,而其产量与灌水量呈抛物线关系。当灌水量达 60 mm/次时的产量最高,继续增加灌水,增产不明显。未进行灌水和灌水 20 mm/次时的水分利用效率较高,且 W2 的灌水利用率显著高于其他处理。说明小麦产量与水分利用效率并不同步,高产量消耗的水分也相对较多,因此水分利用效率降低,而水分亏缺促使作物提高了自身的水分利用效率。但要获得较高的产量,应在考虑增产的基础上适当控水,从而实现增产节水增效。

小麦生长季降雨量较少,加之小麦生长期对水分的消耗,尽管在小麦生长期进行了灌水,但对后茬玉米水分的补充有限。因此,通过对后茬玉米的灌水量的研究,我们发现,虽然玉米生育期降雨量较大,但玉米全生育期的耗水量仍然表现为随灌水量的增加而增加。其株高、穗位高、穗长、穗粗及穗行粒数随灌水量的增加也明显增加,最终促使玉米产量显著提高,但当灌水量增加到 75 mm/次时,各要素有所降低,各处理中,以处理 M5 (60 mm/次) 的产量最高。而水分利用效率仍以未灌水的为最高,其次为处理 M2 (15 mm/次)、M5 (60 mm/次) 和

M4(45 mm/次)。灌水利用率随灌水量的增加表现为先降后增再降低的趋势,处理 M2(15 mm/次)和 M5(60 mm/次)较高。结果说明玉米的水分利用效率与小麦的不同,较高的灌水量能取得较高的产量和水分利用率。

对于小麦、玉米周年效应而言,我们发现,随灌水量的增加其总耗水量明显增加,而周年产量表现为先增加而后降低的趋势。小麦、玉米周年总产量以处理 W5 + M5 为最高(小麦时期灌水量为 80 mm/次 + 玉米关键期灌 60 mm/次),周年水分利用效率以未灌水处理为最高。周年总灌水利用率随灌水量的增加表现为先降后增再降低的趋势,以处理 W2 + M2(15 mm/次)为最高。说明进行适宜的灌水可有效提高小麦、玉米的周年产量,但会降低水分利用效率和灌水利用率。从增产幅度和水分利用情况考虑,小麦、玉米周年灌水组合为小麦时期灌水量 80 mm/次 + 玉米关键期灌 60 mm/次,分别在小麦拔节期、孕穗期、灌浆期和玉米拔节期、大喇叭口期和灌浆期补充灌水的周年增产效果最佳,为本研究小麦、玉米周年灌水推荐模式。

#### 参考文献:

- [1] 陈亚,代先强,袁玲,等. 水氮耦合对土壤理化性状及作物生长的影响研究进展[J]. 河南农业科学,2009,38(5):11-15.
- [2] 杨蕊菊,柴守玺,马忠明,等. 水肥耦合对小麦玉米带田产量效应及土壤水分动态研究[J]. 核农学报,2011,25(5):1004-1009.
- [3] ZHOU J Y, GU B J, SCHLESINGER W H, et al. Significant accumulation of nitrate in Chinese semi-humid croplands[J]. Scientific Reports, 2016, 6: 25088.
- [4] LIU H J, YU L P, LUO Y, et al. Responses of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) evapotranspiration and yield to sprinkler irrigation regimes[J]. Agricultural Water Management, 2011, 98(4): 483-492.
- [5] BATTIKHI A M, ABU-HAMMAD A H. Comparison between the efficiencies of surface and pressurized irrigation systems in Jordan[J]. Irrigation and Drainage Systems, 1994, 8(2): 109-121.
- [6] 王慧军, 张喜英. 华北平原地下水压采区冬小麦种植综合效应探讨[J]. 中国生态农业学报(中英文), 2020, 28(5): 724-733.
- [7] 周成立. 小麦节水施肥高产栽培技术的应用研究[J]. 农业开发与装备, 2022(6): 218-220.
- [8] RODRÍGUEZ-SINOBAS L, GIL M, SÁNCHEZ R, et al. Evaluation of drip and subsurface drip irrigation in a uniform loamy soil[J]. Soil Science, 2012, 177(2): 147-152.
- [9] 刘洋, 栗岩峰, 李久生, 等. 东北半湿润区膜下滴灌对农田水热和玉米产量的影响[J]. 农业机械学报, 2015, 46(10): 93-104, 135.
- [10] MESHKAT M, WARNER R C, WORKMAN S R. Evaporation reduction potential in an undisturbed soil irrigated with surface drip and sand tube irrigation[J]. Transactions of the ASAE, 2000, 43(1): 79-86.
- [11] 张洁梅, 武继承, 杨永辉, 等. 不同节水灌溉方式对小麦产量及水分利用效率的影响[J]. 节水灌溉, 2016(8): 30-32, 37.
- [12] 袁德玲, 张玉龙, 唐首峰, 等. 不同灌溉方式对保护地土壤水稳性团聚体的影响[J]. 水土保持学报, 2009, 23(3): 125-128, 134.
- [13] 陈静, 王迎春, 李虎, 等. 滴灌施肥对免耕冬小麦水分利用及产量的影响[J]. 中国农业科学, 2014, 47(10): 1966-1975.
- [14] XUE Q, ZHU Z, MUSICK J T, et al. Root growth and water uptake in winter wheat under deficit irrigation[J]. Plant and Soil, 2003, 257(1): 151-161.
- [15] 董志强, 张丽华, 吕丽华, 等. 不同灌溉方式对冬小麦光合速率及产量的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2015, 33(6): 1-7.
- [16] 杜文勇, 何雄奎, 胡振方, 等. 不同灌溉技术条件对冬小麦生产的影响[J]. 排灌机械工程学报, 2011, 29(2): 170-174.
- [17] FANISH S A. Influence of drip fertigation and intercropping on yield, agronomic efficiency and partial factor productivity of maize[J]. Madras Agricultural Journal, 2013, 100(3): 102-106.
- [18] 杨明达, 关小康, 刘影, 等. 滴灌模式和水分调控对夏玉米干物质和氮素积累与分配及水分利用的影响[J]. 作物学报, 2019, 45(3): 443-459.
- [19] 位国峰, 刘义国, 姜雯, 等. 不同滴灌制度对冬小麦光合特性及水分利用效率的影响[J]. 华北农学报, 2013, 28(5): 149-156.
- [20] VERMA H P, SHARMA, SHIVRAN A C, et al. Effect of irrigation schedule and organic fertilizer on wheat yield, nutrient uptake, and soil moisture in northwest India[J]. Sustainability, 2023, 15(13): 10204.
- [21] 杨永辉, 武继承, 何方, 等. 水肥运筹对冬小麦光合特性、产量及水分利用的影响[J]. 河南农业科学, 2015, 44(5): 64-71.
- [22] 史辛凯, 于振文, 赵俊晔, 等. 王西芝施氮量对高产小麦光合特性、干物质积累分配与产量的影响[J]. 麦类作物学报, 2022, 41(6): 713-721.
- [23] 徐袁博, 李援农, 银敏华, 等. 不同微喷灌灌水量对冬小麦生长、产量和水分利用效率的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2018, 36(1): 121-125.
- [24] PANDA R K, BEHERA S K, KASHYAP P S. Effective management of irrigation water for wheat under stressed conditions[J]. Agricultural Water Management, 2003, 63(1): 37-56.

# Impact of Different Irrigation Amounts on Annual Water Utilization of Winter Wheat and Summer Maize Under Drip Irrigation

YANG Yonghui<sup>1,2,3</sup>, WU Jicheng<sup>1,2,3</sup>, GAO Cuimin<sup>1,2,3</sup>, ZHANG Yunhong<sup>1</sup>, PAN Xiaoying<sup>1,2,3</sup>, HE Fang<sup>1,2,3</sup>

(1. Institute of Plant Nutrition, Agricultural Resources and Environmental Sciences, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450002, China; 2. Yuanyang Experimental Station of Crop Water Use, Ministry of Agriculture, Yuanyang 453514, China; 3. Field Scientific Observation and Research Station of Water-saving Agriculture in the Yellow River Basin of Henan Province, Yuanyang 453514, China)

**Abstract:** In order to investigate the effect of irrigation rate on annual water utilization of winter wheat and summer maize under drip irrigation, the influence of different irrigation amounts (wheat season, W1–W6: 0, 20, 40, 60, 80 and 100 mm/time; maize season, M1–M6: 0, 15, 30, 45, 45, 60 and 75 mm/time) on growth, leaf SPAD value and photosynthetic physiological characteristics of wheat, and yield and water use of wheat and maize were studied by the field experiment. The results showed that drip irrigation improved the SPAD value and the photosynthetic physiological characteristics, and the yield of wheat and maize and their yield components were increased accordingly. With the increase of irrigation amounts, the SPAD value, photosynthetic rate, transpiration rate, yield of wheat and maize and the annual total yield of wheat and maize all increased first and then decreased. The total water consumption of wheat and maize increased with the increase of irrigation amounts, and the leaf water use efficiency gradually decreased with the increase of irrigation amounts. Grain water use efficiency and irrigation water use efficiency of wheat and maize showed the trend of first decreasing, then increasing and then decreasing with the increase of irrigation amounts. In different irrigation treatments, treatment W3 and treatment W4 were more conducive to improving the SPAD value of wheat leaves, and treatment W5 increased the photosynthetic rate more significantly. Treatment W4 improved the wheat yield, and treatment W3 was more beneficial to improve the water utilization efficiency of wheat. Treatment M5 significantly improved the yield and irrigation water use efficiency of maize, and the grain water use efficiency was also relatively high compared with other treatments. For wheat and maize annual yield, treatment W5 + M5 showed the best effect on yield increase.

**Key Words:** Drip irrigation; Irrigation amount; Photosynthesis characteristics; Wheat; Maize; Water use

## 欢迎订阅 2024 年《大麦与谷类科学》

《大麦与谷类科学》是《中国期刊全文数据库》《中文科技期刊数据库》《中国核心期刊(遴选)数据库》全文收录期刊、超星域出版平台全文收录期刊、《中国学术期刊综合评价数据库》统计源期刊、国家科技学术期刊开放平台全文收录期刊、原国家新闻出版广电总局首次认定 A 类学术期刊。江苏省一级期刊、2017 年度江苏省精品科技期刊。

《大麦与谷类科学》由江苏省农业科学院主管、江苏沿海地区农业科学研究所主办,是中国作物学会大麦专业委员会与江苏省农学会学术性期刊,内容具有创新性、应用性、系统性、导向性,主要报道大麦、小麦、水稻、玉米、高粱、谷子等谷类作物的研究动态和科研成果,内设栏目有:综述与报告(专家视点)、生理与生态、栽培与育种、土肥与植保、贮藏与加工、资源与环境、种业创新、现代大农业、乡村振兴、简讯与信息、人物介绍等。主要作者与读者为从事农业科研与农技推广的科技人员、农业企业经营管理人员、农业大中专院校师生等。

本刊为双月刊,大 16 开本。国内外公开发行,中国标准连续出版物号 CN32-1769/S、ISSN 1673-6486。国内每期定价 15.00 元,全年 6 期共 90 元,自办发行。

欢迎赐稿,欢迎订阅。可随时直接与本编辑部联系。

电 话:0515-88330625

电子信箱:damkx@163.com

邮局汇款:《大麦与谷类科学》杂志编辑部

银行汇款:江苏沿海地区农业科学研究所

账 号:10-400901040004637

网 址:<http://dmkx.cbpt.cnki.net>

邮 编:224002

地 址:江苏省盐城市开放大道北路 9 号

开户行:盐城市农行建中支行

用 途:订阅费或编审费

费云燕,余波,韩华新,等. 粳糯产量与产量构成因素的灰色关联度分析[J/OL]. 大麦与谷类科学,2023,41(2):18–23. <https://doi.org/10.14069/j.cnki.32-1769/s.2024.02.004>.

# 粳糯产量与产量构成因素的灰色关联度分析

费云燕<sup>1,2</sup>,余波<sup>1</sup>,韩华新<sup>1</sup>,龚红兵<sup>1</sup>,景德道<sup>1\*</sup>

(1. 江苏丘陵地区镇江农业科学研究所,江苏 句容 212400;2. 江苏农林职业技术学院,江苏 句容 212400)

**摘要:**为明确粳糯产量构成因素对产量的影响,采用灰色关联度法对 15 份粳糯种质的 11 个产量相关性状进行综合评价。结果显示,产量构成性状与产量的关联度值表现为:有效穗数>结实率>实粒数>总粒数>株高>千粒质量>生育期>剑叶宽>穗长>剑叶长,关联度值分别为 0.785 6、0.738 2、0.723 8、0.710 5、0.708 9、0.675 2、0.673 7、0.667 5、0.661 3、0.655 5。灰色关联度综合分析结果表明,粳糯稻产量育种应注重有效穗数、结实率、实粒数以及总粒数的选择。

**关键词:**糯稻;综合评价;灰色关联度分析;产量

中图分类号:S511.2+3

文献标志码:A

文章编号:1673-6486-20230260

糯稻是常规稻的黏性变种,是我国传统的粮食作物之一,也是各种风味小吃、速冻食品、黄酒和饮料等副食品生产的重要原料。糯稻的产量与栽培效益息息相关。合理的栽培措施是充分发挥糯稻产量潜力的前提条件,为此,众多学者研究了栽植密度、施肥量、施肥方法等农艺手段对产量的影响<sup>[1-3]</sup>。除此之外,从源头上培育高产新种质也是提高单位面积经济效益的重要方法。水稻产量是由单株有效穗数、每穗实粒数、总粒数、千粒质量等多种因素共同作用的结果,了解各因素对糯稻产量影响的主次关系,对创制高产糯稻新种质具有重要的指导意义。

研究作物产量与其构成因素之间相互关系的方法有多种,如灰色关联度分析、相关分析、回归分析、通径分析等<sup>[4]</sup>。在这些方法中,灰色关联度分析具有较强的稳定性和可靠性。它是以灰色系统理论为基础的一种统计分析方法,依据数列的相似性来分析系统内部各因素间的关联程度,进而确定其中的主要决定因素<sup>[5]</sup>。该方法是将多个性状数据综合成一个整体之后,再进行分析 and 比较,而不是以单一指标作为衡量的标准<sup>[6]</sup>。由于其独特的算法,灰色关联度分析已被广泛应用于甜高粱<sup>[7]</sup>、芝麻<sup>[8]</sup>、辣椒<sup>[9]</sup>、马铃薯<sup>[10]</sup>等产量构成要素的分析。

关于常规稻产量及其构成因素灰色关联度的研究已有相关报道<sup>[10-12]</sup>,但在糯稻中仍鲜有研究,现有报道多是以籼糯作为研究材料<sup>[13]</sup>,粳糯产量构成的主要要素仍不清楚。基于此,本研究以 15 份粳糯品种作为材料,利用灰色关联度分析其产量构成要素,以明确粳糯高产育种的主攻方向,为精准育种提供理论基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地点与材料

试验地点位于江苏丘陵地区镇江农业科学研究所的句容行香基地(119°10′44″E、31°47′51″N)。试验所需的 15 份粳糯品种均由江苏丘陵地区镇江农业科学研究所收集和提供,包括:禾糯 215、盐糯 17、盐稻 93207、镇糯 29 号、丰登糯 398、镇糯 6147、宁糯 20923、中种香糯、宁糯 20911、福丰糯 446、皖粳糯 1 号、镇糯 20 号、扬粳糯 418、苏糯 2621、镇糯 19 号,分别用  $V_1$ 、 $V_2$ 、 $V_3$ 、 $V_4$ 、 $V_5$ 、 $V_6$ 、 $V_7$ 、 $V_8$ 、 $V_9$ 、 $V_{10}$ 、 $V_{11}$ 、 $V_{12}$ 、 $V_{13}$ 、 $V_{14}$ 、 $V_{15}$  表示。2022 年 5 月种植所有材料,采用随机区组设计,每个品种 3 次重复,共 45 个小区。每个小区种植 5 行,每行 8 株,株、行距分别为 20、30 cm。常规田间管理。

### 1.2 性状考察

测定的性状共有 11 个,包括:剑叶长、剑叶宽、株高、有效穗数、千粒质量、总粒数、实粒数、结实率、穗长、生育期、产量。产量是计算 15 株糯稻的平

收稿日期:2023-10-10;修回日期:2024-04-07。

基金项目:江苏省农业科技自主创新项目[CX(22)3146];亚夫科技创新与服务项目(2023kj01)。

作者简介:费云燕(1987—),女,博士,助理研究员,主要研究方向为糯稻产量及品质育种。Email: Suiyiyixinyisi@163.com。

\* 通信作者:景德道(1971—),男,研究员,主要研究方向为水稻育种。Email: jingdedao@163.com。

均产量,其余性状考察均按照《水稻种质资源描述规范和数据标准》<sup>[14]</sup>执行。

### 1.3 数据分析

根据灰色系统理论,将15个品种以及11个性状作为一个整体。以单株产量( $X_0$ )作为参考数列,其他10个指标作为比较数列,分别是剑叶长( $X_1$ )、剑叶宽( $X_2$ )、株高( $X_3$ )、有效穗数( $X_4$ )、千粒质量( $X_5$ )、总粒数( $X_6$ )、实粒数( $X_7$ )、结实率( $X_8$ )、穗长( $X_9$ )、生育期( $X_{10}$ )。

**1.3.1 数据标准化。**对原始数据进行无量纲化处理,计算公式为

$$x_i'(k) = \frac{x_i(k) - \bar{x}_i}{s_i} \quad (1)$$

式中: $x_i'(k)$ 为第 $k$ 个品种第 $i$ 个性状的标准化值; $x_i(k)$ 为第 $k$ 个品种第 $i$ 个性状的原始数据; $\bar{x}_i$ 为第 $i$ 个性状的平均值; $s_i$ 为第 $i$ 个性状的标准差。

**1.3.2 参考数列与比较数列的绝对差值。**绝对差值计算公式为

$$\Delta_i(k) = |x_i'(k) - x_0'(k)| \quad (2)$$

式中: $\Delta_i(k)$ 为第 $k$ 个品种第 $i$ 个性状与第 $k$ 个品种产量的绝对差值。

**1.3.3 产量构成性状与产量的灰色关联系数。**灰色关联系数计算公式为

$$\xi_i(k) = \frac{\min \Delta_i(k) + \rho \max \Delta_i(k)}{\Delta_i(k) + \rho \max \Delta_i(k)} \quad (3)$$

式中: $\xi_i(k)$ 为第 $k$ 个品种第 $i$ 个性状的灰色关联系数; $\min \Delta_i(k)$ 为绝对差值 $\Delta_i(k)$ 的最小值; $\max \Delta_i(k)$ 为绝对差值 $\Delta_i(k)$ 的最大值; $\Delta_i(k)$ 为第 $k$ 个品种第 $i$ 个性状的绝对差值; $\rho$ 为分辨系数,取 $\rho = 0.5$ 。

**1.3.4 产量构成性状与产量的灰色关联度。**灰色关联度计算公式为

$$r_i' = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \xi_i(k) \quad (4)$$

式中: $r_i'$ 为第 $i$ 个性状的灰色关联度; $N$ 为性状组数,即为品种数。

## 2 结果与分析

### 2.1 粳糯产量构成及产量性状

由表1可知,供试15个品种剑叶长变幅为

22.18 ~ 32.28 cm,剑叶宽变幅为1.41 ~ 1.83 cm。株高最矮的为盐稻93207(81.3 cm),最高的为宁糯20923(101.1 cm)。镇糯29号有效穗数最少(8.2个/株),丰登糯398有效穗数最多(12.7个/株)。千粒质量变幅为20.83 ~ 29.49 g,其中禾糯215最低,盐糯17最高。总粒数变幅为101.62 ~ 191.96粒/穗,其中皖梗糯1号最少,禾糯215最多。实粒数最少的为皖梗糯1号(84.19粒/穗),最多的为中种香糯(172.13粒/穗)。结实率变幅为72.35% ~ 95.41%,其中禾糯215最低,福丰糯446最高。穗长变幅为12.92 ~ 16.53 cm,生育期变幅为124 ~ 145 d。产量变幅为23.92 ~ 45.42 g/株,其中禾糯215最低,福丰糯446最高。产量的变异系数最大(19.22%),其次为实粒数(19.05%),最小的为生育期(5.04%)。

### 2.2 粳糯产量构成性状与产量间的灰色关联度

根据灰色系统理论,利用公式(1)将原始数据进行标准化(无量纲化)处理,获得与原始数据具有等效性的一组数据,结果如表2所示。根据标准化结果,利用公式(2)计算产量与产量构成各性状的绝对差值。由表3可知,最小差值为0.010 1,最大差值为3.442 6。在此基础上,利用公式(3)(4)计算各性状与产量的关联系数及关联度(表4)。

由表4可知,产量构成各性状与产量的关联度值表现为有效穗数 > 结实率 > 实粒数 > 总粒数 > 株高 > 千粒质量 > 生育期 > 剑叶宽 > 穗长 > 剑叶长。

### 2.3 产量构成性状之间的灰色关联度分析

依次将产量构成的不同性状作为参考数列,其余9个性状作为比较数列,得到各性状之间的灰色关联度数组。由表5可知,与剑叶长关联度较大的是穗长和株高,关联度值分别为0.759 5和0.712 9。与剑叶宽关联度值在0.7以上的性状仅有一个,即有效穗数。与株高关联度较大的性状依次为剑叶长、总粒数和实粒数。与有效穗数关联度较大的性状为剑叶宽,其值为0.751 9。与千粒质量关联度在0.7以上的性状有剑叶宽、有效穗数和结实率。与总粒数关联度较大的性状分别为实粒数、结实率和生育期。与实粒数关联度较大的是总粒数、生育期和结实率。与结实率关联度较大的3个性状依次为生育期、实粒数和总粒数。与穗长关联度在0.7以上的性状仅有剑叶长。与生育期关联度较大的3个性状分别是实粒数、结实率和总粒数。在这10个性状中,总粒数、实粒数和结实率是与参考数列呈强关联(关联度均在0.7以上)最多的3个性状,均出现了4次。

表 1 粳糯产量构成及产量性状数值

| 品种              | $X_1$ /<br>cm | $X_2$ /<br>cm | $X_3$ /<br>cm | $X_4$ /<br>(个/株) | $X_5$ /<br>g | $X_6$ /<br>(粒/穗) | $X_7$ /<br>(粒/穗) | $X_8$ /<br>% | $X_9$ /<br>cm | $X_{10}$ /<br>d | $X_0$ /<br>(g/株) |
|-----------------|---------------|---------------|---------------|------------------|--------------|------------------|------------------|--------------|---------------|-----------------|------------------|
| V <sub>1</sub>  | 29.13         | 1.61          | 99.3          | 8.3              | 20.83        | 191.96           | 138.88           | 72.35        | 15.07         | 144.00          | 23.92            |
| V <sub>2</sub>  | 23.96         | 1.72          | 91.0          | 11.3             | 29.49        | 110.12           | 88.42            | 80.30        | 13.78         | 124.00          | 28.59            |
| V <sub>3</sub>  | 29.79         | 1.56          | 81.3          | 8.7              | 24.91        | 122.87           | 107.52           | 87.50        | 14.33         | 139.00          | 28.70            |
| V <sub>4</sub>  | 25.36         | 1.47          | 88.7          | 8.2              | 26.89        | 153.15           | 136.27           | 88.98        | 14.63         | 141.00          | 31.45            |
| V <sub>5</sub>  | 28.13         | 1.83          | 89.2          | 12.7             | 25.53        | 118.84           | 108.19           | 91.04        | 13.49         | 142.00          | 33.63            |
| V <sub>6</sub>  | 22.18         | 1.46          | 85.9          | 9.5              | 26.02        | 127.07           | 110.45           | 86.92        | 14.31         | 139.00          | 27.56            |
| V <sub>7</sub>  | 24.58         | 1.45          | 101.1         | 10.4             | 22.45        | 160.13           | 148.98           | 93.04        | 14.07         | 145.00          | 39.57            |
| V <sub>8</sub>  | 28.11         | 1.79          | 93.5          | 11.6             | 25.06        | 183.13           | 172.13           | 93.99        | 14.87         | 126.00          | 40.03            |
| V <sub>9</sub>  | 27.40         | 1.52          | 91.1          | 10.0             | 23.59        | 159.41           | 150.62           | 94.48        | 14.14         | 145.00          | 40.75            |
| V <sub>10</sub> | 27.93         | 1.53          | 93.7          | 11.7             | 24.85        | 146.06           | 139.35           | 95.41        | 14.62         | 144.00          | 45.42            |
| V <sub>11</sub> | 27.63         | 1.76          | 93.6          | 12.3             | 28.72        | 101.62           | 84.19            | 82.85        | 14.50         | 127.00          | 42.97            |
| V <sub>12</sub> | 32.28         | 1.64          | 92.9          | 10.0             | 26.09        | 143.58           | 135.23           | 94.19        | 16.53         | 142.00          | 30.49            |
| V <sub>13</sub> | 23.11         | 1.48          | 89.4          | 10.1             | 27.75        | 126.94           | 117.94           | 92.91        | 14.28         | 140.00          | 33.60            |
| V <sub>14</sub> | 25.24         | 1.41          | 88.1          | 8.7              | 24.14        | 148.12           | 133.76           | 90.31        | 12.92         | 140.00          | 26.87            |
| V <sub>15</sub> | 29.46         | 1.44          | 87.6          | 10.0             | 25.91        | 155.41           | 145.07           | 93.34        | 15.30         | 140.00          | 35.97            |
| 平均值             | 26.95         | 1.58          | 91.1          | 10.2             | 25.48        | 143.23           | 127.80           | 89.17        | 14.46         | 138.53          | 33.97            |
| 标准差             | 2.79          | 0.14          | 5.0           | 1.4              | 2.26         | 25.57            | 24.35            | 6.42         | 0.83          | 6.98            | 6.53             |
| 变异系数/%          | 10.35         | 8.86          | 5.49          | 13.73            | 8.87         | 17.85            | 19.05            | 7.20         | 5.74          | 5.04            | 19.22            |

注:  $X_1$  剑叶长、 $X_2$  剑叶宽、 $X_3$  株高、 $X_4$  有效穗数、 $X_5$  千粒质量、 $X_6$  总粒数、 $X_7$  实粒数、 $X_8$  结实率、 $X_9$  穗长、 $X_{10}$  生育期、 $X_0$  单株产量。表 2、表 5 同。

表 2 粳糯产量构成因素及产量标准化结果

| 品种              | $X_1$    | $X_2$    | $X_3$    | $X_4$    | $X_5$    | $X_6$    | $X_7$    | $X_8$    | $X_9$    | $X_{10}$ | $X_0$    |
|-----------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| V <sub>1</sub>  | 0.779 1  | 0.226 4  | 1.651 2  | -1.347 2 | -2.056 5 | 1.905 5  | 0.455 3  | -2.622 4 | 0.739 3  | 0.783 4  | -1.537 1 |
| V <sub>2</sub>  | -1.069 6 | 1.007 3  | -0.018 8 | 0.743 3  | 1.771 8  | -1.294 5 | -1.617 4 | -1.383 6 | -0.809 6 | -2.082 7 | -0.822 4 |
| V <sub>3</sub>  | 1.015 3  | -0.134 5 | -1.970 4 | -1.068 4 | -0.252 9 | -0.796 0 | -0.833 2 | -0.260 3 | -0.151 2 | 0.066 9  | -0.806 1 |
| V <sub>4</sub>  | -0.569 9 | -0.784 1 | -0.481 5 | -1.416 9 | 0.622 4  | 0.388 1  | 0.347 9  | -0.030 9 | 0.211 8  | 0.353 5  | -0.385 8 |
| V <sub>5</sub>  | 0.421 3  | 1.814 5  | -0.380 9 | 1.718 8  | 0.021 2  | -0.953 5 | -0.805 3 | 0.290 9  | -1.161 3 | 0.496 8  | -0.051 2 |
| V <sub>6</sub>  | -1.707 2 | -0.830 1 | -1.044 9 | -0.511 0 | 0.237 8  | -0.631 8 | -0.712 7 | -0.351 3 | -0.173 7 | 0.066 9  | -0.980 6 |
| V <sub>7</sub>  | -0.848 4 | -0.895 7 | 2.013 3  | 0.116 1  | -1.340 4 | 0.660 9  | 0.870 0  | 0.602 5  | -0.465 7 | 0.926 7  | 0.857 3  |
| V <sub>8</sub>  | 0.413 5  | 1.537 8  | 0.484 2  | 0.952 3  | -0.186 6 | 1.560 3  | 1.821 0  | 0.751 3  | 0.495 6  | -1.796 1 | 0.927 7  |
| V <sub>9</sub>  | 0.160 1  | -0.401 0 | 0.001 3  | -0.162 6 | -0.836 4 | 0.632 8  | 0.937 2  | 0.827 7  | -0.380 8 | 0.926 7  | 1.037 3  |
| V <sub>10</sub> | 0.349 7  | -0.351 0 | 0.524 5  | 1.022 0  | -0.279 4 | 0.110 8  | 0.474 4  | 0.971 5  | 0.193 8  | 0.783 4  | 1.752 0  |
| V <sub>11</sub> | 0.240 6  | 1.297 2  | 0.504 3  | 1.440 1  | 1.431 4  | -1.626 9 | -1.791 3 | -0.985 8 | 0.051 6  | -1.652 8 | 1.377 6  |
| V <sub>12</sub> | 1.906 3  | 0.443 0  | 0.363 5  | -0.162 6 | 0.268 8  | 0.013 6  | 0.305 2  | 0.782 0  | 2.493 0  | 0.496 8  | -0.532 2 |
| V <sub>13</sub> | -1.375 0 | -0.711 9 | -0.340 7 | -0.092 9 | 1.002 6  | -0.637 0 | -0.405 2 | 0.582 5  | -0.213 3 | 0.210 2  | -0.056 3 |
| V <sub>14</sub> | -0.612 9 | -1.217 2 | -0.602 2 | -1.068 4 | -0.593 3 | 0.191 3  | 0.244 8  | 0.176 4  | -1.846 4 | 0.210 2  | -1.086 1 |
| V <sub>15</sub> | 0.897 2  | -1.000 7 | -0.702 8 | -0.162 6 | 0.189 2  | 0.476 5  | 0.709 3  | 0.649 5  | 1.016 9  | 0.210 2  | 0.305 9  |

表 3 粳糯产量构成因素与产量的绝对差值

| 品种              | $\Delta_1$ | $\Delta_2$ | $\Delta_3$ | $\Delta_4$ | $\Delta_5$ | $\Delta_6$ | $\Delta_7$ | $\Delta_8$ | $\Delta_9$ | $\Delta_{10}$ |
|-----------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|---------------|
| V <sub>1</sub>  | 2.316 2    | 1.763 5    | 3.188 2    | 0.189 9    | 0.519 4    | 3.442 6    | 1.992 3    | 1.085 3    | 2.276 3    | 2.320 4       |
| V <sub>2</sub>  | 0.247 1    | 1.829 8    | 0.803 6    | 1.565 7    | 2.594 2    | 0.472 1    | 0.794 9    | 0.561 2    | 0.012 9    | 1.260 3       |
| V <sub>3</sub>  | 1.821 4    | 0.671 6    | 1.164 3    | 0.262 3    | 0.553 2    | 0.010 1    | 0.027 1    | 0.545 8    | 0.654 9    | 0.873 0       |
| V <sub>4</sub>  | 0.184 1    | 0.398 3    | 0.095 7    | 1.031 1    | 1.008 2    | 0.773 9    | 0.733 6    | 0.354 9    | 0.597 6    | 0.739 3       |
| V <sub>5</sub>  | 0.472 4    | 1.865 7    | 0.329 8    | 1.770 0    | 0.072 4    | 0.902 3    | 0.754 2    | 0.342 1    | 1.110 1    | 0.548 0       |
| V <sub>6</sub>  | 0.726 6    | 0.150 5    | 0.064 3    | 0.469 6    | 1.218 4    | 0.348 7    | 0.267 8    | 0.629 3    | 0.806 8    | 1.047 4       |
| V <sub>7</sub>  | 1.705 7    | 1.753 0    | 1.156 0    | 0.741 1    | 2.197 6    | 0.196 4    | 0.012 8    | 0.254 8    | 1.323 0    | 0.069 4       |
| V <sub>8</sub>  | 0.514 2    | 0.610 1    | 0.443 5    | 0.024 6    | 1.114 2    | 0.632 7    | 0.893 3    | 0.176 3    | 0.432 1    | 2.723 7       |
| V <sub>9</sub>  | 0.877 3    | 1.438 3    | 1.036 0    | 1.199 9    | 1.873 7    | 0.404 5    | 0.100 1    | 0.209 6    | 1.418 1    | 0.110 6       |
| V <sub>10</sub> | 1.402 3    | 2.103 0    | 1.227 5    | 0.730 0    | 2.031 4    | 1.641 2    | 1.277 6    | 0.780 5    | 1.558 2    | 0.968 6       |
| V <sub>11</sub> | 1.137 0    | 0.080 4    | 0.873 2    | 0.062 5    | 0.053 8    | 3.004 5    | 3.168 8    | 2.363 4    | 1.326 0    | 3.030 3       |
| V <sub>12</sub> | 2.438 4    | 0.975 2    | 0.895 7    | 0.369 6    | 0.801 0    | 0.545 8    | 0.837 4    | 1.314 2    | 3.025 2    | 1.029 0       |
| V <sub>13</sub> | 1.318 8    | 0.655 7    | 0.284 4    | 0.036 6    | 1.058 9    | 0.580 8    | 0.348 9    | 0.638 7    | 0.157 0    | 0.266 5       |
| V <sub>14</sub> | 0.473 3    | 0.131 1    | 0.483 9    | 0.017 7    | 0.492 9    | 1.277 4    | 1.330 9    | 1.262 6    | 0.760 3    | 1.296 3       |
| V <sub>15</sub> | 0.591 3    | 1.306 6    | 1.008 7    | 0.468 5    | 0.116 7    | 0.170 6    | 0.403 4    | 0.343 6    | 0.711 0    | 0.095 7       |

表 4 粳糯产量构成因素与产量的关联系数及关联度

| 品种              | $\xi_1$ | $\xi_2$ | $\xi_3$ | $\xi_4$ | $\xi_5$ | $\xi_6$ | $\xi_7$ | $\xi_8$ | $\xi_9$ | $\xi_{10}$ |
|-----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|------------|
| V <sub>1</sub>  | 0.428 8 | 0.496 9 | 0.352 7 | 0.905 9 | 0.772 7 | 0.335 3 | 0.466 2 | 0.616 9 | 0.433 1 | 0.428 4    |
| V <sub>2</sub>  | 0.879 6 | 0.487 6 | 0.685 7 | 0.526 8 | 0.401 2 | 0.789 4 | 0.688 1 | 0.758 6 | 0.998 4 | 0.580 7    |
| V <sub>3</sub>  | 0.488 7 | 0.723 6 | 0.600 0 | 0.872 9 | 0.761 2 | 1.000 0 | 0.990 3 | 0.763 7 | 0.728 7 | 0.667 4    |
| V <sub>4</sub>  | 0.908 7 | 0.816 9 | 0.952 9 | 0.629 1 | 0.634 3 | 0.693 9 | 0.705 3 | 0.833 9 | 0.746 7 | 0.703 7    |
| V <sub>5</sub>  | 0.789 3 | 0.482 7 | 0.844 2 | 0.495 9 | 0.965 3 | 0.659 9 | 0.699 4 | 0.839 1 | 0.611 5 | 0.763 0    |
| V <sub>6</sub>  | 0.707 3 | 0.925 0 | 0.969 6 | 0.790 3 | 0.589 0 | 0.836 4 | 0.870 4 | 0.736 6 | 0.684 9 | 0.625 4    |
| V <sub>7</sub>  | 0.505 2 | 0.498 4 | 0.601 7 | 0.703 1 | 0.441 8 | 0.902 9 | 0.998 5 | 0.876 2 | 0.568 7 | 0.966 9    |
| V <sub>8</sub>  | 0.774 5 | 0.742 7 | 0.799 8 | 0.991 7 | 0.610 6 | 0.735 5 | 0.662 2 | 0.912 4 | 0.804 0 | 0.389 5    |
| V <sub>9</sub>  | 0.666 3 | 0.548 0 | 0.627 9 | 0.592 7 | 0.481 6 | 0.814 5 | 0.950 6 | 0.896 7 | 0.551 5 | 0.945 1    |
| V <sub>10</sub> | 0.554 3 | 0.452 7 | 0.587 2 | 0.706 3 | 0.461 4 | 0.514 9 | 0.577 4 | 0.692 1 | 0.528 0 | 0.643 7    |
| V <sub>11</sub> | 0.605 8 | 0.961 0 | 0.667 3 | 0.970 6 | 0.975 4 | 0.366 4 | 0.354 1 | 0.423 9 | 0.568 2 | 0.364 4    |
| V <sub>12</sub> | 0.416 2 | 0.642 1 | 0.661 6 | 0.828 1 | 0.686 5 | 0.763 7 | 0.676 7 | 0.570 4 | 0.364 8 | 0.629 5    |
| V <sub>13</sub> | 0.569 5 | 0.728 4 | 0.863 2 | 0.984 9 | 0.622 8 | 0.752 1 | 0.836 4 | 0.733 6 | 0.921 8 | 0.871 0    |
| V <sub>14</sub> | 0.789 0 | 0.934 7 | 0.785 2 | 0.995 7 | 0.782 0 | 0.577 4 | 0.567 3 | 0.580 3 | 0.697 7 | 0.573 8    |
| V <sub>15</sub> | 0.748 7 | 0.571 8 | 0.634 2 | 0.790 7 | 0.942 0 | 0.915 2 | 0.814 9 | 0.838 5 | 0.711 8 | 0.952 9    |
| 关联度             | 0.655 5 | 0.667 5 | 0.708 9 | 0.785 6 | 0.675 2 | 0.710 5 | 0.723 8 | 0.738 2 | 0.661 3 | 0.673 7    |
| 排序              | 10      | 8       | 5       | 1       | 6       | 4       | 3       | 2       | 9       | 7          |

表 5 产量构成性状间的关联度矩阵

| 参考数列     | $X_1$   | $X_2$   | $X_3$   | $X_4$   | $X_5$   | $X_6$   | $X_7$   | $X_8$   | $X_9$   | $X_{10}$ |
|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|
| $X_1$    | 1       | 0.669 6 | 0.712 9 | 0.612 7 | 0.619 6 | 0.647 5 | 0.653 2 | 0.669 8 | 0.759 5 | 0.648 0  |
| $X_2$    | 0.670 5 | 1       | 0.691 2 | 0.759 6 | 0.696 4 | 0.645 2 | 0.646 4 | 0.599 3 | 0.677 2 | 0.595 9  |
| $X_3$    | 0.750 5 | 0.732 1 | 1       | 0.733 7 | 0.679 9 | 0.736 5 | 0.734 4 | 0.692 8 | 0.722 8 | 0.683 7  |
| $X_4$    | 0.604 3 | 0.751 9 | 0.683 5 | 1       | 0.666 8 | 0.635 8 | 0.626 7 | 0.661 5 | 0.633 1 | 0.600 3  |
| $X_5$    | 0.651 7 | 0.722 9 | 0.665 1 | 0.705 1 | 1       | 0.644 0 | 0.636 1 | 0.702 9 | 0.678 4 | 0.677 2  |
| $X_6$    | 0.708 6 | 0.700 5 | 0.748 8 | 0.699 4 | 0.671 8 | 1       | 0.907 2 | 0.801 1 | 0.749 4 | 0.796 8  |
| $X_7$    | 0.666 1 | 0.657 5 | 0.703 8 | 0.646 9 | 0.617 3 | 0.884 3 | 1       | 0.774 8 | 0.707 8 | 0.808 0  |
| $X_8$    | 0.724 3 | 0.660 5 | 0.703 4 | 0.723 4 | 0.726 6 | 0.798 5 | 0.807 5 | 1       | 0.732 5 | 0.817 5  |
| $X_9$    | 0.760 8 | 0.676 6 | 0.680 1 | 0.640 7 | 0.647 4 | 0.696 0 | 0.696 9 | 0.680 9 | 1       | 0.663 1  |
| $X_{10}$ | 0.672 8 | 0.621 7 | 0.661 4 | 0.634 0 | 0.671 3 | 0.769 8 | 0.815 2 | 0.795 6 | 0.685 9 | 1        |

### 3 讨论与结论

依据灰色关联度分析原理,比较数列的关联度值越大,则与参考数列的关系越紧密,反之,则越疏远<sup>[15]</sup>。关联度值 $>0.70 \sim 1.00$ 为强关联, $>0.35 \sim 0.70$ 为中等关联, $0 \sim 0.35$ 为弱关联<sup>[16]</sup>。本研究中,关联度值均在 0.35 以上,说明所测定的 10 个性状均是产量构成的主要因素。在 10 个产量构成的要素中,有效穗数、结实率以及实粒数是决定粳糯产量的前 3 个主要因子,这与重庆三峡地区穗、粒兼顾型粳稻、黑龙江齐齐哈尔地区粳稻、福建福州地区早熟糯稻产量决定因素的报道<sup>[17-19]</sup>基本一致。虽然在一些报道中,这 3 个性状不全是最主要的决定因子,但个别性状对产量的作用较为突出。例如,实粒数是广西早籼早熟杂交水稻产量的最重要决定因子;结实率是福建、湖北地区水稻产量贡献最大的性状<sup>[20-21]</sup>;有效穗数是陕南杂交水稻产量构成的重要因素<sup>[22]</sup>。剑叶是水稻光合作用的重要器官,籽粒中超过一半的碳水化合物来源于剑叶的光合作用<sup>[23]</sup>。但本试验结果表明,剑叶长与产量的关联度最小,这与赵丽娟等的研究<sup>[24]</sup>相似,原因可能是该性状对产量形成的影响较为间接,因而贡献值相对较小。

对于产量构成相关的 10 个性状而言,总粒数、实粒数以及结实率与其中的 4 个性状均呈强关联,说明它们是与多个产量构成因素相互影响的重要性状。在育种实践中,总粒数被认为是产量提升的关键性状<sup>[25]</sup>。Xiao 等对华中地区 200 个粳稻品种的产量性状调查发现,近 30 年来水稻品种总粒数呈显著增加的趋势,许多总粒数相关基因在育种过程

中经历了人工选择<sup>[26]</sup>。李江伟等研究发现,总粒数对水稻贡献率较大,仅次于结实率,排在第 2 位<sup>[27]</sup>。本研究中,总粒数与产量以及产量构成的部分因素均呈强关联,因此总粒数应是粳糯产量育种关注的性状之一。

本研究结果表明,粳糯产量构成因素的主次关系依次为有效穗数、结实率、实粒数、总粒数、株高、千粒质量、生育期、剑叶宽、穗长、剑叶长。综上,粳糯产量育种应重点关注有效穗数、结实率、实粒数以及总粒数的选择。

### 参考文献:

- [1] 蒋 鹏,熊 洪,张 林,等. 施氮量和氮肥运筹模式对糯稻产量及品质的影响[J]. 作物研究,2015,29(6):595-598.
- [2] 田绍平,蒋 鹏,熊 洪,等. 农艺措施对糯稻产量及稻米品质的影响[J]. 四川职业技术学院学报,2016,26(6):137-145.
- [3] 王佩旋,李虹颖,张祥明,等. 新型穗肥对香糯稻产量和品质的影响[J]. 安徽农业科学,2021,49(2):143-146.
- [4] 陈 飘,李家文,黄彬香,等. 广西典型地区水稻产量形成要素分析[J]. 农学学报,2020,10(2):1-6.
- [5] 高 进,施庆华,蔡立旺,等. 甜高粱新品种(系)主要农艺性状与产量的灰色关联度分析[J]. 福建农业学报,2018,33(6):581-586.
- [6] 张子豪,李想成,吴昊天,等. 基于灰色关联度分析和聚类分析的丰产高效小麦品种综合评价与筛选[J]. 江苏农业科学,2022,50(10):194-200.
- [7] 吕 伟,文 飞,韩俊梅,等. 芝麻产量与相关农艺性状的灰色关联分析[J]. 种子,2021,40(7):110-114.
- [8] 张秀荣,李晓丹,张延安,等. 辣椒产量与相关农艺性状的灰色关联度分析[J]. 江西农业学报,2013,25(2):47-50.

- [9] 陈晓文,郭纪元,朱晓亮,等. 马铃薯产量与相关农艺性状的灰色关联度分析[J]. 甘肃农业科技,2016(11):21–23.
- [10] 代金英,张桂云,胡 蕾,等. 耐盐水稻产量与主要农艺性状的灰色关联度分析[J]. 大麦与谷类科学,2020,37(6):9–13,20.
- [11] 江银荣,潘宝国,陆虎华. 江苏省水稻产量与产量性状的灰色关联分析[J]. 浙江农业科学,2009,50(6):1130–1132.
- [12] 谭可菲. 黑龙江水稻主要农艺性状与产量的灰色关联度分析[J]. 北方水稻,2016,46(1):19–21.
- [13] 游月华. 籼糯稻品种的产量构成特征和库源特性研究[J]. 江西农业学报,2006,18(5):14–16,33.
- [14] 韩龙植,魏兴华,曹桂兰,等. 水稻种质资源描述规范和数据标准[M]. 北京:中国农业出版社,2006:14–21.
- [15] 郝小倩,李 洪,王瑞军,等. 玉米品种的抗病性评价及与农艺性状的灰色关联度分析[J]. 农学学报,2022,12(4):13–17,95.
- [16] 贾大周,赵喜鹏,刘少博,等. 基于灰色关联度模型的生态敏感区贫困化成因分析——以南水北调中线河南省水源区贾营小流域为例[J]. 水土保持通报,2020,40(1):191–197,212.
- [17] 房贤涛,何花榕,谢祖钦,等. 早熟糯稻组合产量及其构成性状的关联度分析[J]. 福建稻麦科技,2016,34(1):5–8.
- [18] 谭可菲,刘传增,马 波,等. 粳稻主要农艺性状的灰色关联度分析[J]. 北方水稻,2015,45(5):22–23,60.
- [19] 严明建,黄文章,胡景涛,等. 2 个类型水稻组合主要性状的灰色关联分析[J]. 中国农学通报,2011,27(15):44–47.
- [20] 房贤涛,何花榕,谢祖钦,等. 杂交稻产量相关性状的灰色关联度分析[J]. 福建稻麦科技,2011,29(4):8–11.
- [21] 袁伟玲,曹凑贵,程建平. 水稻产量及构成因素的灰色关联度分析[J]. 湖北农业科学,2005,44(2):24–25.
- [22] 王海潮,肖红旭,王小红,等. 陕南杂交水稻产量和产量构成因素的灰色关联度分析[J]. 陕西农业科学,2009,55(6):20–22,33.
- [23] 肖 珂,左海龙,巩迎军,等. 控制水稻剑叶形态相关性状的数目基因位点(QTL)的定位[J]. 上海师范大学学报(自然科学版),2007,36(2):66–70.
- [24] 赵丽娟,田 丰,李昆奇,等. 浏阳水稻新品种主要农艺性状与产量的灰色关联度分析[J]. 黑龙江农业科学,2020(9):31–34.
- [25] WU X W,LIANG Y,GAO H B,et al. Enhancing rice grain production by manipulating the naturally evolved cis-regulatory element-containing inverted repeat sequence of OsREM20[J]. Molecular Plant,2021,14(6):997–1011.
- [26] XIAO N,PAN C H,LI Y H,et al. Genomic insight into balancing high yield, good quality, and blast resistance of japonica rice[J]. Genome Biology,2021,22(1):283.
- [27] 李江伟,刘贺梅,胡秀明,等. 高产优质水稻品种新稻 22 产量结构分析及高产栽培技术[J]. 北方水稻,2014,44(1):25–27,42.

## Grey Correlation Degree Analysis of Glutinous Geng Rice Yield and Yield Components

FEI Yunyan<sup>1,2</sup>, YU Bo<sup>1</sup>, HAN Huaxin<sup>1</sup>, GONG Hongbing<sup>1</sup>, JING Dedao<sup>1</sup>

(1. Jiangsu Hilly Area Zhenjiang Institute of Agricultural Sciences, Jurong 212400, China; 2. Jiangsu Vocational College of Agriculture and Forestry, Jurong 212400, China)

**Abstract:** In order to ascertain the influence of yield components on glutinous geng rice yield, grey correlation degree analysis was used to comprehensively evaluate the 11 yield-related characters of 15 glutinous rice germplasms. The results showed that grey correlation degree between yield components and yield in descending order were effective panicle > seed setting rate > filled grain number > total grain number > plant height > thousand-grain weight > growth period > flag leaf width > panicle length > flag leaf length, and their correlation degree values were 0.785 6, 0.738 2, 0.723 8, 0.710 5, 0.708 9, 0.675 2, 0.673 7, 0.667 5, 0.661 3 and 0.655 5, respectively. Comprehensive analysis of grey correlation degree indicated that breeding of high-yield glutinous rice should focus on the selection of effective panicle, seed setting rate, filled grain number and total grain number.

**Key Words:** Glutinous rice; Comprehensive evaluation; Grey correlation degree analysis; Yield

葛 猛,李艳朋,潘雨涵. 江苏农垦小麦超高产栽培实践[J/OL]. 大麦与谷类科学,2023,41(2):24–28. <https://doi.org/10.14069/j.cnki.32-1769/s.2024.02.005>.

# 江苏农垦小麦超高产栽培实践

葛 猛,李艳朋,潘雨涵\*

(江苏省农垦农业发展股份有限公司,江苏 南京 210019)

**摘要:**针对江苏地区稻麦两熟条件下,影响小麦高产茬口衔接紧张、农机农艺配套等主要因素,江苏农垦多年来持续开展了小麦超高产技术研究和示范,高产攻关田实现了单位面积产量从 600 kg/667 m<sup>2</sup> 到 800 kg/667 m<sup>2</sup> 的新跨越。本文集中考察了小麦争早、高质量农机作业、稳产高产等关键指标,详细总结了种子处理、土壤深松耕翻、不同土质适应化播种作业、沟壁播种扩边增效、全程数智化管理、抗逆保绿防早衰等小麦超高产栽培的主要技术措施,为规模化、集约化生产条件下小麦稳产、高产、高效提供技术支持。

**关键词:**小麦;高产高效;技术措施;集成推广示范

中图分类号:S512.1

文献标志码:B

文章编号:1673-6486-20230272

据国家统计局江苏调查总队统计,江苏 2023 年小麦种植面积 248 万 hm<sup>2</sup>,比上年增加 1.2 万 hm<sup>2</sup>,增幅 0.5%;总产量 137.3 亿 kg,较上年增加 0.8 亿 kg,增幅 0.6%;单位面积产量 383.2 kg/667 m<sup>2</sup>,较往年增幅较小,较 2023 年国家统计局发布的全国平均单位面积产量的 389.0 kg/667 m<sup>2</sup> 仍有差距。客观上,江苏特别是淮北地区,近年来不确定天气已常态化,小麦秋播期间的连续降雨容易造成播种质量差或播期推迟,越冬期至春季的低温寒潮容易发生冻害<sup>[1]</sup>,抽穗扬花期的雾多露重容易暴发赤霉病<sup>[2]</sup>,灌浆期的干旱和极端温度升高容易造成植株早衰<sup>[3]</sup>,收获期的连续降雨容易造成倒伏和小麦的穗发芽<sup>[4]</sup>;主观上,江苏虽然有一系列被多次引用的小麦高产栽培技术的研究<sup>[5-8]</sup>,但是缺少多年生产实践的数据支持,难以推广。

江苏省农垦农业发展股份有限公司是江苏省农垦集团有限公司(以下简称江苏农垦)于“十二五”开局之年,实施农业资源战略重组,按照现代企业制度建立的全新农业企业<sup>[9]</sup>。近年来,江苏农垦克服垦区小麦生产遭遇播后干旱、倒春寒、穗期低温寡照、多种病虫害早发重发等多重自然灾害叠加的严峻挑战,依靠科技创新,积极采取平衡增产措

施,精准实施科学防灾减灾举措,狠抓全生育期管理,不仅确保江苏农垦整建制小麦生产的稳产与增产,而且小麦超高产栽培屡创历史新高纪录。其中,2020 年新洋分公司淮麦 33 实收测产 827.5 kg/667 m<sup>2</sup>,刷新了江苏省小麦高产纪录。2022 年临海分公司郑麦 1860 实收测产 813.1 kg/667 m<sup>2</sup>。2023 年淮海分公司郑麦 1860 实收测产 819.9 kg/667 m<sup>2</sup>,成为年度江苏小麦高产示范点最高单位面积产量(表 1);同年苏州苏垦小麦高产攻关田产量达 641.1 kg/667 m<sup>2</sup>,创造了江南麦区高产新纪录。

本文聚焦江苏农垦小麦超高产栽培技术,以“足穗防倒”为核心,以“适期抢播、建立适期适量苗”为关键,以优化机械作业程序、提高播种作业质量、实现“早苗、足苗、匀苗、壮苗”为突破口,狠抓关键生产环节,建立优质高效群体,集成推广高产栽培技术模式,从示范点出发,“以点带面”示范带动江苏小麦实现高产高效目标。

## 1 争早播早苗是实现高产稳产的农时基础

### 1.1 茬口争早

水稻茬口要高标准开挖水田丰产沟,加强后期水层管理,适时断水排水,为小麦播种创造良好的土壤墒情条件;水稻成熟时及时组织抢收腾茬,打破“不霜不收、不枯不收”的传统观念;加快场头粮食周转工作,充分利用地上垄、临时屯头、场头风干仓等措施在保证粮食安全的情况下加快场头粮食

收稿日期:2023-11-28;修回日期:2024-04-03。

作者简介:葛 猛(1985—),男,农艺师,主要从事农作物高产栽培及农业推广工作。Email: 359184902@qq.com。

\* 通信作者:潘雨涵(1994—),男,博士,农艺师,主要从事农作物高产栽培研究。Email: pyh007@vip.qq.com。

周转,保证收种进度,确保茬口有效衔接。旱作物茬口及时清除秸秆、塑料废弃物等,保证田面整洁,以免影响出苗整齐度。

## 1.2 品种选择

稳产是高产、超高产的基础,优选适应于该区域生态条件,生育期适宜、产量高、品质优、效益好、大面积单位面积产量稳定的品种。苏北地区优选淮

麦 33、淮麦 43、郑麦 1860 等早熟半冬性高产小麦品种,其中淮麦 33 和郑麦 1860 具超高产潜力,屡创高产示范纪录(表 1);苏中地区优选华麦 5 号、宁麦 13 等耐迟播、抗病春性小麦品种;沿江及苏南地区优选扬麦 23、扬麦 25、镇麦 10 号等耐迟播、抗病的春性小麦品种。

表 1 江苏农垦 2014—2023 年小麦超高产栽培实收产量与穗粒结构

| 年份   | 验收单位  | 品种      | 单位面积<br>产量/(kg/667 m <sup>2</sup> ) | 基本苗/<br>(万株/667 m <sup>2</sup> ) | 最高茎蘖数/<br>(万个/667 m <sup>2</sup> ) | 穗粒结构                              |               |            |
|------|-------|---------|-------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|---------------|------------|
|      |       |         |                                     |                                  |                                    | 有效穗数/<br>(万个/667 m <sup>2</sup> ) | 穗粒数/<br>(粒/穗) | 千粒<br>质量/g |
| 2014 | 新洋分公司 | 淮麦 33   | 695.8                               | 12.2                             | 64.3                               | 37.6                              | 42.3          | 45         |
| 2015 | 琼港分公司 | 华麦 5 号  | 658.4                               | 11.3                             | 63.5                               | 36.8                              | 41.2          | 45         |
|      | 新洋分公司 | 华麦 5 号  | 733.7                               | 12.6                             | 64.8                               | 39.1                              | 40.7          | 47         |
| 2019 | 滨淮分公司 | 淮麦 35   | 682.1                               | 15.5                             | 68.4                               | 41.6                              | 40.1          | 43         |
|      | 黄海分公司 | 烟农 19   | 676.5                               | 15.4                             | 71.5                               | 43.0                              | 38.1          | 42         |
| 2020 | 新洋分公司 | 淮麦 35   | 789.2                               | 11.6                             | 63.8                               | 41.0                              | 38.0          | 51         |
|      |       | 淮麦 33   | 827.5                               | 11.2                             | 64.1                               | 37.0                              | 46.0          | 50         |
|      |       | 淮麦 46   | 751.2                               | 10.8                             | 63.9                               | 43.0                              | 43.3          | 44         |
| 2021 | 新洋分公司 | 郑麦 1860 | 754.3                               | 11.3                             | 63.5                               | 36.0                              | 41.0          | 55         |
|      |       | 淮麦 50   | 781.3                               | 11.5                             | 64.3                               | 42.6                              | 41.0          | 47         |
| 2022 | 临海分公司 | 郑麦 1860 | 813.1                               | 11.0                             | 64.8                               | 43.3                              | 38.1          | 50         |
| 2023 | 淮海分公司 | 郑麦 1860 | 819.9                               | 11.8                             | 63.7                               | 41.6                              | 40.3          | 51         |

## 1.3 适期播种

适期播种是小麦超高产的基础,早播、迟播均不利于高产的形成。以越冬前形成适龄壮苗为原则,春性品种要求越冬始期 5~6 叶,单株分蘖 2~3 个;半冬性品种要求越冬始期 6~7 叶,单株分蘖 3~4 个。根据常年积温条件确定播种期,淮北片半冬性品种适播期为 10 月 12—25 日,盐城南片半冬性品种适播期为 10 月 16—25 日,宁镇扬丘陵以及江南片春性品种适播期为 10 月 25—11 月 5 日。

## 2 高质量播种是实现高产稳产的重要保障

### 2.1 种子处理

#### 2.1.1 计算用种量。按以下公式,确定播种量:

$$\text{播种量}(\text{kg}/667 \text{ m}^2) = \frac{\text{千粒质量}(\text{g}) \times \text{基本苗数}(\text{万株}/667 \text{ m}^2)}{\text{种子净度}(\%) \times \text{发芽率}(\%) \times \text{田间出苗率}(\%) \times 100}$$

式中:发芽率要求在播种前 10 d 做好小麦品种的发

芽试验;种子净度按 98% 计算;田间出苗率根据不同播种时间和整地质量合理确定,砂质土壤 11 月 5 日前按常年均值的 85% 计算,11 月 5 日后按 75% 计算。黏土土壤按常年均值的 65% 计算。

**2.1.2 药剂拌种。**选用 6%“立克秀”悬浮种衣剂 40 mL+100 kg/次种子拌种;或“适麦丹”(4.8%苯醚·咯菌腈悬浮种衣剂)135~150 mL/100 kg 种子拌种;或 2%戊唑醇湿拌种剂 75 g+25%“使百克”(咪鲜胺)乳油 20 mL+100 kg/次种子拌种;注意不得随意减少用水量和加大药量,确保红种率在 99% 以上,拌后堆闷 4~6 h 后再播种。

**2.1.3 浸种催芽。**争早苗拿壮苗是夺取高产的基础。采用浸种催芽技术播种,播种到出苗所需积温可节省 35~40 ℃,实现提前出苗,促进壮苗越冬。浸种催芽种子吸水量要控制在种子干质量的 30%~35%,浸种时间控制在 8~12 h。淮北地区与淮南黏土地区 10 月 25 日以后,淮南其他地区 11 月 1 日以后播种的田块推广浸种催芽播种技术。

## 2.2 土壤深松耕翻

深松打破坚硬犁底层,提高土壤的透水、透气性能,达到速灌速排、排涝降渍的效果,提高作物根系生长活力和植株抗倒伏能力。深松深度在45~55 cm,以破碎犁底层,深松犁间距35~50 cm为宜;耕翻深度在18~25 cm,根据茬口和耕作层深度而定,旱茬耕翻深度可适当增加。

## 2.3 不同土质的适应化播种

**2.3.1 黏土土壤反旋条带播种。**针对黏土土壤适耕性差的难点,采取轻型化履带式收割机收割→施肥→硬茬一次性265型以上长刀的反旋条带播种→镇压→开横、竖沟的一次性反旋条带播种技术,实现大面积原墒出苗,降本增效。

**2.3.2 砂质土壤正反旋精量播种。**砂质土壤以高质量精量播种为目标,全面提高播种作业质量,提高苗层的均匀性。正反双旋耕耕作模式:耕翻→交切(或直耙)→施肥→(旋耕)→正反双旋耕复式精量播种→开横沟,作业效率高,抢播速度快,对墒情差的田块适应性强。

## 2.4 沟壁播种扩边增效

由于麦田排水沟存在温室效应,有助麦苗长势更壮。垦区淮海分公司坚持“向空间要产量”,历经多年的课题攻关,通过反复试验和数据校正,研发创制沟壁侧切排种装置,在竖沟两侧、距沟底2/3的高度,各播种1行小麦。既不影响麦田沟系的排水降渍,同时提高了小麦基本苗1万~2万株/667 m<sup>2</sup>,成穗数增加2万~3万个/667 m<sup>2</sup>,实现扩边增效。

## 2.5 全程数智化管理

数智化是提高作业质量与效率、降低农机作业、减轻劳动强度的有效手段。江苏农垦在小麦开沟、播种、施肥、化控、除草、巡田等作业环节均已实现数智化监管,重点示范推广应用大功率拖拉机、北斗定位辅助驾驶技术等成熟装备,不仅能够从时间、计量、地域等各个维度实现精准操作,而且通过北斗定位实时监控和各项作业轨迹回收、数据采集,确保农机作业有质可依;集成农机作业监管、农业无人机智能化巡田等智能化系统,提高农机作业效率和质量,实现小麦全生育期的数字化栽培监管,助力现代农业生产精准化、精细化,提升农业产出和效益。

# 3 拿足穗大穗增质量是高产稳产的关键指标

## 3.1 穗粒结构特征

超高产田确定合理基本苗数的原则是使植株个

体分布均匀并得到充分的生长发育,提高分蘖成穗率,在保证足够穗数的前提下,合理减少基本苗数,合理控制分蘖肥,以协调高质高效群体内部的矛盾而实现高产。由江苏农垦历年小麦高产验收田的穗粒结构特点(表1)可知,基本苗10.8万~15.5万株/667 m<sup>2</sup>,平均基本苗12.2万株/667 m<sup>2</sup>;最高茎蘖数63.5万~71.5万个/667 m<sup>2</sup>,平均最高茎蘖数65.1万个/667 m<sup>2</sup>;有效穗数36.0万~43.3万个/667 m<sup>2</sup>,平均有效穗数40.2万个/667 m<sup>2</sup>,平均分蘖成穗率61.8%;穗粒数38.0~46.0粒/穗,平均40.8粒/穗;千粒质量42~55 g,平均47.5 g;实现目标产量从600 kg/667 m<sup>2</sup>稳定提升到800 kg/667 m<sup>2</sup>以上。

## 3.2 抗逆保绿防早衰

**3.2.1 科学控肥。**根据测土配方结果,综合田块、品种以及产量目标的差异,合理运筹肥料。在氮肥的使用上,应施足基肥、控制返青肥、普施重施拔节孕穗肥。小麦一生需施纯氮18.5 kg/667 m<sup>2</sup>左右、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 4.8 kg/667 m<sup>2</sup>,基肥与穗肥的质量比为6:4。其中基肥尿素10 kg/667 m<sup>2</sup>+磷酸二铵10 kg/667 m<sup>2</sup>;分蘖肥施尿素10 kg/667 m<sup>2</sup>;拔节孕穗肥:促花肥在倒4叶期施尿素7.5 kg/667 m<sup>2</sup>+45%复合肥7.5 kg/667 m<sup>2</sup>,保花肥在倒2叶期用尿素6.5 kg/667 m<sup>2</sup>左右;穗期合理喷施磷酸二氢钾0.05 kg/667 m<sup>2</sup>、“彩特美”细胞酶0.04 kg/667 m<sup>2</sup>等叶面肥3~4次。实现小麦增粒、增质量,夺取高产。

**3.2.2 科学化控。**正常长势小麦在4~5叶期喷施“矮壮丰”40~60 mL/667 m<sup>2</sup>进行合理调控;对于群体较大、在常规年份有倒伏风险的田块,在起身期结合叶面喷肥增施“矮壮丰”,显著缩短基部节间、增强抗倒性;预期小麦穗数超过40万个/667 m<sup>2</sup>的田块,结合田间实际和前期“矮壮丰”使用情况,在叶龄余数0.5叶至见芒时用“劲丰”40~50 mL/667 m<sup>2</sup>均匀喷雾。

**3.2.3 防渍抗旱。**做好开沟与灌排水工作,遇连绵降雨及时清沟理墒,达到“沟沟相通、雨止田干、沟无积水”的标准。如播种期与孕穗期遇14 d无降雨,需及时采取泼浇或窖灌。

**3.2.4 防冻减损。**小麦受冻后应根据发生时间与冻害程度增施恢复肥。冬前或冬季受冻,需增施尿素2~5 kg/667 m<sup>2</sup>促使冻苗弱苗转化。拔节后发生冻害,对茎蘖冻死率在30%以上的田块要及时增施尿素,其中:茎蘖冻死率在30%~50%的增施7~10 kg/667 m<sup>2</sup>,冻死率在50%以上的增施10~13 kg/667 m<sup>2</sup>。遇冻害程度重,还应增加喷施磷酸二

氢钾 0.05 kg/667 m<sup>2</sup>,以减轻冻害损失。

**3.2.5 预防高温。**适时播种,尽量减少晚茬麦,使小麦尽早进入蜡熟期,躲避或减轻干热风危害;合理密植,培育壮苗,提高小麦抗性;在小麦生育中后期出现干热风可及时进行叶面喷施磷酸二氢钾或细胞酶,提高植株抗逆能力,保粒增重防早衰。

#### 4 小结与展望

小麦生产是一项“一播定全年”的农业活动,农谚中有“七分种,三分管”的说法,强调秋播环节的重要性<sup>[10]</sup>。稻麦两熟是江苏的基本种植制度。由于长期种植水稻,稻茬麦田土壤土质黏重、耕整困难,同时水稻腾茬推迟,季节紧密,秋播农时紧张<sup>[11]</sup>,伴随着整地质量差、播种质量差<sup>[12]</sup>、用种量大<sup>[13]</sup>和生长关键时期不利天气<sup>[14-15]</sup>等突出矛盾,已严重制约江苏小麦单位面积产量的提升。因此,需要在理念先进、技术扎实的单位,做好单位面积产量提升的试验示范<sup>[16]</sup>,在取得一定成效、总结一系列经验后,全面推广以促进大面积增产<sup>[17]</sup>。

江苏农垦聚焦播种进度和播种质量存在的瓶颈问题,通过加强科研力量,历经十多年的小麦超高产攻关探索与实践,集成创新出“争早播早苗、高质量播种、拿足穗大穗增粒质量”为核心技术的小麦超高产栽培技术。针对不同的冬小麦品种特性,通过科学布局、严格种子处理、农机农艺集成配套、农机现代化与数智化、精耕细播减种量、沟壁播种扩边增效、高效施肥、绿色防控、促控结合,实现“穗数足、粒数多、粒重大、产量高”,多项指标创江苏小麦最高纪录,充分发挥小麦高产的潜力,为规模化、集约化生产条件下小麦高产、稳产提供技术支持。

在未来,江苏农垦将持续加大科技投入,巩固并强化旗下江苏省大华种业集团有限公司的种质资源根基,发挥好种子“芯片”的关键作用,不断推动小麦育种技术的创新与发展,培育出更多适应江苏生态环境、具高产潜力的优质小麦品种,为小麦产业的可持续发展提供坚实的种源支撑;围绕稻麦两熟种植模式,研制、示范、推广先进的农业机械装备及其配套技术,提高生产效率,促进茬口的高效衔接;强化整建制建设高标准农田,通过改善农田灌溉、排水等基础设施,提高水土资源利用效率,为小麦生长创造良好的环境条件,提高小麦的抗灾能力和稳产性;通过推广测土配方施肥、多光谱巡田

及变量施肥与防控等绿色生产技术,提高化肥农药的利用效率,有效降低小麦生产过程中产生的农业面源污染,提升小麦的品质和安全性,为书写一份分量重、成色足、可持续的农垦丰收答卷奠定绿色基础。

#### 参考文献:

- [1] 王永军,李海军,李丽丽,等. 江苏淮北地区小麦冻害症状、发生原因及防治对策[J]. 大麦与谷类科学,2021,38(3):8-12.
- [2] 秦建华,吴琳. 新洋农场小麦赤霉病发生情况及综防措施[J]. 大麦与谷类科学,2009(1):51-52.
- [3] 沙慧敏,李琪,孙锡鹏,等. 灌浆期升温 and 干旱胁迫对江苏冬小麦产量和干物质分配的影响[J]. 气象与减灾研究,2021,44(3):201-208.
- [4] 高剑波,潘建梅,陆钦武,等. 小麦田间穗发芽的影响因素及防止对策[J]. 种子科技,2006,24(3):3.
- [5] 姜兆全,李建龙,李东,等. 江苏里下河地区小麦高产高效播种模式和技术集成[J]. 江苏农业科学,2014,42(6):3.
- [6] 邱友凤. 淮北地区小麦优质高产栽培技术发展研究[J]. 安徽农业科学,2014(1):37-38.
- [7] 周新秀. 江苏盐城小麦高产种植技术与病虫害综合防治[J]. 农业工程技术,2017(20):2.
- [8] 魏刚. 淮北地区小麦高产栽培技术[J]. 现代农业科技,2019(13):31-32,35.
- [9] 张正东,田祥瑞. 大型现代农业企业发展智慧农业的机遇与思考——以江苏省农垦农业发展股份有限公司为例[J]. 安徽农业科学,2020,48(13):235-238.
- [10] 罗刚,陈开平,卢丽娟,等. 江苏农垦“新洋模式”小麦超高产栽培技术[J]. 大麦与谷类科学,2021,38(3):58-63.
- [11] 刘秀秀,徐鹏,李振宏,等. 淮北地区稻茬小麦超高产试验及其栽培技术[J]. 农技服务,2023,40(2):5-9.
- [12] 伏广成,卞保雷,侍伟红,等. 灌云县稻茬小麦秸秆全量还田机械匀播高产栽培技术实践[J]. 农业科技通讯,2014(12):148-149.
- [13] 冯国华,王健康,张会云,等. 苏北稻麦周年绿色高效栽培关键技术[J]. 大麦与谷类科学,2018,35(3):47-49.
- [14] 周娜娜,徐年龙,王飞,等. 江苏淮南地区优质小麦品种筛选与示范[J]. 大麦与谷类科学,2020,37(1):10-14,21.
- [15] 刘秀秀,陈惠华,陈露婷,等. 不同化控产品对淮北地区小麦抗倒性及产量的影响[J]. 大麦与谷类科学,2022,39(6):30-37.
- [16] 李钦正. 农作物高产栽培技术要点及农业技术推广应用实践[J]. 河北农机,2023(8):54-56.
- [17] 黄险峰. 农业信息化背景下小麦高产栽培技术应用及推广[J]. 农业工程技术,2023,43(14):70-71.

## Practice on Super-high Yield Cultivation of Wheat in Jiangsu Agricultural Reclamation

GE Meng, LI Yanpeng, PAN Yuhua

(Jiangsu Agricultural Reclamation and Development Co., Ltd., Nanjing 210019, China)

**Abstract:** In response to the main factors affecting wheat high yield, such as tight crop connection and agricultural machinery and agronomic matching, under the rice-wheat double cropping system in Jiangsu Province, Jiangsu Agricultural Reclamation has continuously carried out research and demonstration on super-high yield wheat cultivation techniques, and the super-high yield demonstration fields have achieved a new leap from 600 kg/667 m<sup>2</sup> to 800 kg/667 m<sup>2</sup>. This paper focused on the key indicators of early wheat planting, high-quality agricultural machinery operations, stable and high yield, and summarized in detail the main technical measures for super-high yield wheat cultivation including seed treatment, deep soil loosening and tillage, adaptive sowing operations for different soil types, ditch wall sowing to expand edges and increase efficiency, full-process digital and intelligent management, stress resistance, green protection, and prevention of premature senescence. It provides technical support for stable yield, high yield and high efficiency of wheat under large-scale and intensive production conditions.

**Key Words:** Wheat; High yield and efficiency; Technical measure; Integrated promotion and demonstration

(上接第 10 页)

## Effects of Selenium on Rice Growth and Salt Stress Tolerance

TENG Haiyan, REN Xin, LI Kuihao, LIU Yuan, GONG Yongchao, HAN Yuqi

(College of Chemistry and Bioengineering, Yichun University, Yichun 336000, China)

**Abstract:** To elucidate the suitable selenium concentration for rice growth, rice seedlings were cultured in Kimura B nutrient solution containing different concentrations of sodium selenite, and phenotypic comparison and biochemical detection were conducted. The results showed that the main root length of rice was increased and the number of lateral roots was reduced by sodium selenite treatment at the concentrations of 2 μmol/L, 4 μmol/L, and 8 μmol/L, while the growth of above-ground parts were not affected by that of these concentrations. Rice seedlings grew more slowly or did not grow anymore under sodium selenite concentrations of 40 μmol/L and 200 μmol/L, respectively, and the total leaf protein was significantly decreased, while superoxide dismutase (SOD) activity was remarkably improved. The tolerance of rice to salt stress treated with 8 μmol/L sodium selenite and sodium chloride was increased, and the total soluble protein in leaves was significantly higher than that of the control, while the activity of SOD was lower than that of the control.

**Key Words:** Selenium; Rice; Growth; Salt stress; Soluble protein; SOD

张 跃,顾松平. 不同促花肥与保花肥配方对粳稻产量与产量结构的影响[J/OL]. 大麦与谷类科学,2024,41(2):29–32. https://doi.org/10.14069/j.cnki.32-1769/s. 2024.02.006.

# 不同促花肥与保花肥配方对粳稻产量与产量结构的影响

张 跃,顾松平

(江苏省农垦农业发展股份有限公司淮海分公司,江苏 盐城 224354)

**摘要:**为了探讨在湿润渗透施肥法下,水稻促花肥与保花肥使用 N 与  $P_2O_5$  的不同配方组合对粳稻产量与产量结构的影响,选用生产上种植面积较大的粳稻品种淮稻 5 号为试验材料,将磷酸二铵、过磷酸钙与普通尿素在水稻促花肥中进行配施,设置 1 个不施促花肥与保花肥对照和 3 种促花肥施肥模式(处理 1—3)。结果显示:施促花肥与保花肥的 3 个处理间水稻产量及产量结构无统计学意义,其产量平均较对照增产 24.5%;促花肥中增施  $P_2O_5$  的 2 个处理(处理 1、2)平均较对照增产 26.5%,比促花肥只施尿素的处理 3 增产 5.2%;促花肥中增施磷酸二铵的处理 1 比增施过磷酸钙的处理 2 增产 2.3%。因此,粳稻一定要施促花肥与保花肥。建议在粳稻施促花肥时,增施磷酸二铵( $8\text{ kg}/667\text{ m}^2$ )或过磷酸钙( $20\text{ kg}/667\text{ m}^2$ )。

**关键词:**穗肥;促花肥;保花肥;粳稻;产量结构;产量

**中图分类号:**S511.2+2

**文献标志码:**B

**文章编号:**1673-6486-20230258

水稻整个生长周期对养分需求的规律,是人们进行肥料运筹的依据,须根据水稻生长阶段特点制定精确的施肥计划。水稻的需肥高峰主要出现在分蘖期和幼穗形成至孕穗期。前人研究表明,幼穗分化后,水稻即进入第 2 个需肥高峰,整个水稻生殖生长期所吸收的 N 和  $P_2O_5$  占全生育期的一半以上<sup>[1-2]</sup>,因此,生产上施用促花肥与保花肥对改善水稻营养、提高水稻产量具有非常重要的意义<sup>[3]</sup>。但在现实生产中,普遍存在着注重前期基肥与分蘖肥,而忽视中后期施用促花肥与保花肥的现象,造成后期早衰而影响水稻产量<sup>[4]</sup>。近年来,对水稻施用促花肥和保花肥的认识已有提升<sup>[5]</sup>,但同时多个促花肥与保花肥配方进行比较试验则鲜有报道。本试验通过对不同促花肥与保花肥肥效进行比较,旨在找出适合当地推广的促花肥与保花肥的施肥配方。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地与供试材料

试验设在江苏省农垦农业发展股份有限公司淮海分公司第五生产区 37 大队 37# 条田 ( $120^{\circ}13' E$ 、

$34^{\circ}04' N$ )。试验田为砂壤土,碱性土壤,土壤肥力中等。

供试水稻品种为淮稻 5 号,2022 年 5 月 13 日播种,6 月 27 日人工移栽,行、株距分别为 25.0、13.3 cm,2 万穴 / $667\text{ m}^2$ ,3~4 苗 / 穴,基本苗 6 万 ~ 8 万株 / $667\text{ m}^2$ 。

### 1.2 试验设计

试验设 4 个处理,3 次重复,12 个小区,随机区组排列,小区面积  $15\text{ m}^2(3\text{ m} \times 5\text{ m})$ ,各小区间筑田埂分隔,田埂高 15 cm,宽 20 cm,用农膜包裹,每小区独立排灌。试验区四周设 1 m 以上保护行。除试验因素外,其余栽培管理按高产要求进行。试验一生总用 N 量  $20\text{ kg}/667\text{ m}^2$ ,N、 $P_2O_5$  质量比为 1 : 0.45,其中氮肥运筹:基肥 + 分蘖肥、促花肥 + 保花肥质量比为 6 : 4,基肥、分蘖肥质量比为 7 : 3,促花肥、保花肥的质量比为 6 : 4,N 基肥与分蘖肥均使用尿素。促花肥在幼穗分化开始前(倒 4 叶期)施用,一生  $P_2O_5$  总用量  $9\text{ kg}/667\text{ m}^2$ ,其中 60%作基肥、40%作促花肥;保花肥在幼穗分化第 3 期(倒 2 叶初)施用,全部使用尿素,相关处理配方见表 1。促花肥与保花肥的施肥方法均采用“田间保持湿润,撒施肥料,隔 1 d 灌水”的湿润渗透施肥法。

### 1.3 观测项目与方法

移栽后每隔 5 d 观测 1 次叶龄,生殖期调查水稻幼穗分化情况,观察记载水稻播种期、移栽期、高

收稿日期:2023-09-12;修回日期:2024-04-10。

基金项目:粮食绿色高质高效创建(2022-SJ-017-03)。

作者简介:张 跃(1973—),男,农艺师,主要从事农业管理与农业技术推广工作。Email: 644056533@qq.com。

峰苗、始穗期、抽穗期、齐穗期、成熟期、成穗数、成穗率,收割前取样调查每穗总粒数、每穗实粒数、每穗瘪粒数、结实率、千粒质量,于成熟期进行核收测产。

表 1 促花肥与保花肥试验处理配方

| 处理 | 基肥                               |                                    |                                |                                                             | 促花肥                              |                                  |                                |                                                             | 保花肥                              |                                |
|----|----------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
|    | 尿素 /<br>(kg/667 m <sup>2</sup> ) | 磷酸二铵 /<br>(kg/667 m <sup>2</sup> ) | N/<br>(kg/667 m <sup>2</sup> ) | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /<br>(kg/667 m <sup>2</sup> ) | 尿素 /<br>(kg/667 m <sup>2</sup> ) | 磷肥 /<br>(kg/667 m <sup>2</sup> ) | N/<br>(kg/667 m <sup>2</sup> ) | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /<br>(kg/667 m <sup>2</sup> ) | 尿素 /<br>(kg/667 m <sup>2</sup> ) | N/<br>(kg/667 m <sup>2</sup> ) |
| 1  | 21.5                             | 11.6                               | 12.0                           | 5.3                                                         | 7.3                              | 8<br>(磷酸二铵)                      | 4.8                            | 3.7                                                         | 7                                | 3.2                            |
| 2  | 21.5                             | 11.6                               | 12.0                           | 5.3                                                         | 10.5                             | 20<br>(过磷酸钙)                     | 4.8                            | 3.7                                                         | 7                                | 3.2                            |
| 3  | 21.5                             | 11.6                               | 12.0                           | 5.3                                                         | 10.5                             | 0                                | 4.8                            | 0                                                           | 7                                | 3.2                            |
| CK | 21.5                             | 11.6                               | 12.0                           | 5.3                                                         | 0                                | 0                                | 0                              | 0                                                           | 0                                | 0                              |

### 1.4 数据统计与处理

用 Excel 2016 进行数据处理与图表绘制,利用 SPSS 23.0 进行方差分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同促花肥与保花肥组合处理对水稻苗情与产量结构的影响

田间调查结果表明(表 2),施促花肥与保花肥的 3 个处理平均高峰苗 31.00 万株 /667 m<sup>2</sup>,比对照增加 3.11 万株 /667 m<sup>2</sup>;促花肥中增施磷肥的 2 个处理(处理 1、2)平均高峰苗 31.01 万株 /667 m<sup>2</sup>,比促花肥只施尿素的处理 3 增加 0.04 万株 /667 m<sup>2</sup>,比对照增加 3.12 万株 /667 m<sup>2</sup>;促花肥中增施磷酸二铵的处理 1 比促花肥中增施过磷酸钙的处理 2 的高峰苗增加 0.34 万株 /667 m<sup>2</sup>。

施促花肥与保花肥的 3 个处理平均成穗数 24.60 万个 /667 m<sup>2</sup>,比对照增加 1.60 万个 /667 m<sup>2</sup>;促花肥中增施磷肥的 2 个处理(处理 1、2)平均成穗

数 24.73 万个 /667 m<sup>2</sup>,比促花肥只施尿素的处理 3 增加 0.37 万个 /667 m<sup>2</sup>,比对照增加 1.73 万个 /667 m<sup>2</sup>;促花肥中增施磷酸二铵的处理 1 比促花肥中增施过磷酸钙的处理 2 的成穗数增加 0.27 万个 /667 m<sup>2</sup>。

施促花肥与保花肥的 3 个处理平均成穗率 79.36%,比对照下降 3.10 百分点;促花肥中增施磷肥的 2 个处理(处理 1、2)平均成穗率 79.72%,比促花肥只施尿素的处理 3 提高 1.08 百分点,比对照下降 2.74 百分点;促花肥中增施磷酸二铵的处理 1 比促花肥中增施过磷酸钙的处理 2 的成穗率下降 0.02 百分点。

施促花肥与保花肥的 3 个处理平均总粒数 103.0 粒 /穗,比对照增加 19.6 粒 /穗;促花肥中增施磷肥的 2 个处理(处理 1、2)平均总粒数 101.7 粒 /穗,比促花肥只施尿素的处理 3 减少 3.9 粒 /穗,比对照增加 18.3 粒 /穗;促花肥中增施磷酸二铵的处理 1 比促花肥中增施过磷酸钙的处理 2 的总粒数增加 1.1 粒 /穗。

表 2 不同促花肥与保花肥配方的水稻产量性状

| 处理 | 高峰苗 /<br>(万株 /667 m <sup>2</sup> ) | 成穗数 /<br>(万个 /667 m <sup>2</sup> ) | 成穗率 /<br>%     | 总粒数 /<br>(粒 /穗) | 实粒数 /<br>(粒 /穗) | 结实率 /<br>%   | 千粒质量 /<br>g    |
|----|------------------------------------|------------------------------------|----------------|-----------------|-----------------|--------------|----------------|
| 1  | 31.18 ± 0.50 A                     | 24.86 ± 0.70 a                     | 79.71 ± 2.24 a | 102.2 ± 4.5 A   | 93.7 ± 1.2 A    | 91.8 ± 1.1 b | 29.29 ± 1.42 a |
| 2  | 30.84 ± 0.52 A                     | 24.59 ± 0.45 a                     | 79.73 ± 1.46 a | 101.1 ± 0.8 A   | 91.7 ± 1.5 A    | 90.7 ± 1.5 b | 28.78 ± 0.56 a |
| 3  | 30.97 ± 0.67 A                     | 24.36 ± 0.24 a                     | 78.64 ± 0.76 a | 105.6 ± 1.5 A   | 95.7 ± 2.0 A    | 90.6 ± 1.8 b | 28.83 ± 0.56 a |
| CK | 27.89 ± 0.45 B                     | 23.00 ± 0.32 a                     | 82.46 ± 1.16 a | 83.4 ± 0.6 B    | 81.2 ± 2.0 B    | 97.3 ± 2.5 a | 30.86 ± 0.67 a |

注:同列数据后不同大写字母、小写字母分别表示处理间差异具有高度统计学意义( $P < 0.01$ )、统计学意义( $P < 0.05$ )。下同。

施促花肥与保花肥的 3 个处理平均实粒数 93.7 粒 / 穗,较对照显著提高,比对照增加 12.5 粒 / 穗;促花肥中增施磷肥的 2 个处理(处理 1、2)平均实粒数 92.7 粒 / 穗,比促花肥只施尿素的处理 3 减少 3.0 粒 / 穗,比对照增加 11.5 粒 / 穗;促花肥中增施磷酸二铵的处理 1 比增施过磷酸钙的处理 2 的实粒数增加 2.0 粒 / 穗。

施促花肥与保花肥的 3 个处理平均结实率 91.0%,较对照略有降低,比对照降低 6.3 百分点;促花肥中增施磷肥的 2 个处理(处理 1、2)平均结实率 91.3%,比促花肥只施尿素的处理 3 提高 0.7 百分点,较对照降低 6.0%;促花肥中增施磷酸二铵的处理 1 比增施过磷酸钙的处理 2 的结实率提高 1.1 百分点。

施促花肥与保花肥的 3 个处理平均千粒质量 28.97 g,比对照降低 1.89 g;促花肥中增施磷肥的 2 个处理(处理 1、2)千粒质量 29.04 g,比促花肥只

施尿素的处理 3 增加 0.21 g,比对照降低 1.82 g;促花肥中增施磷酸二铵的处理 1 比增施过磷酸钙的处理 2 的千粒质量增加 0.51 g。

## 2.2 不同促花肥与保花肥组合处理对水稻产量的影响

测产结果显示(表 3),试验以处理 1 的产量最高,为 0.994 kg/m<sup>2</sup>,比对照增产 0.217 kg/m<sup>2</sup>,增产 27.9%;处理 2 产量第 2,为 0.972 kg/m<sup>2</sup>,比对照增产 0.195 kg/m<sup>2</sup>,增产 25.1%;处理 3 产量第 3,为 0.934 kg/m<sup>2</sup>,比对照增产 0.157 kg/m<sup>2</sup>,增产 20.2%(表 3)。

3 个处理平均产量 0.967 kg/m<sup>2</sup>,比对照显著提高,较对照增产 0.190 kg/m<sup>2</sup>,增产 24.5%。促花肥中增施磷肥的 2 个处理(处理 1、2)平均产量 0.983 kg/m<sup>2</sup>,比处理 3 增产 0.049 kg/m<sup>2</sup>,增产 5.2%,比对照增产 0.206 kg/m<sup>2</sup>,增产 26.5%;处理 1 的产量 0.994 kg/m<sup>2</sup>,比处理 2 增产 0.022 kg/m<sup>2</sup>,增产 2.3%。

表 3 不同促花肥与保花肥组合处理下水稻的产量

| 处理 | 小区产量 / (kg/m <sup>2</sup> ) |       |       |       |       |       | 比 CK 增产           |      |
|----|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------------|------|
|    | I                           | II    | III   | 平均    | 标准差   | 差异显著性 | kg/m <sup>2</sup> | %    |
| 1  | 0.961                       | 1.011 | 1.009 | 0.994 | 0.023 | A     | 0.217             | 27.9 |
| 2  | 0.977                       | 0.997 | 0.943 | 0.972 | 0.022 | A     | 0.195             | 25.1 |
| 3  | 0.937                       | 0.959 | 0.905 | 0.934 | 0.022 | A     | 0.157             | 20.2 |
| CK | 0.829                       | 0.751 | 0.751 | 0.777 | 0.037 | B     | —                 | —    |

## 3 讨论与结论

促花肥是在穗轴分化期至颖花分化期施用,此期是每穗总粒数形成的关键期,需要适量的 N 与 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>,可防止有效分蘖退化,增加与稳定田间分蘖成穗数,增加每穗颖花数与总粒数。保花肥是在花粉母细胞减数分裂期稍前施用,此时增施氮肥,具有防止颖花退化、增加实粒数的作用<sup>[6]</sup>。因此,相比于不施促花肥与保花肥的对照,施促花肥与保花肥的处理 1—3 的水稻可稳定一些有效分蘖,使成穗数小幅增加,增加颖花量,穗部的库容增大,每穗总粒数与每穗实粒数明显增多。不过,因库容增大导致少部分颖花不灌浆或灌浆不足,结实率与千粒质量有所下降,但最终因田间穗数较足,每穗实粒数明显增加,消除了千粒质量下降的影响,仍然显著增产<sup>[7-8]</sup>,增产 0.157 ~ 0.217 kg/m<sup>2</sup>,增幅 20.2% ~ 27.9%(表 3)。

对于含有 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 的促花肥,在处理 1 和 2 中的施

用比仅施用含 N 促花肥的处理 3 更为奏效,平均增产达到了 0.049 kg/m<sup>2</sup>,增产幅度达 5.2%。进一步研究表明,通过在促花肥中添加磷酸二铵处理,成穗数增加 0.27%,实粒数增加约 2.0 粒 / 穗,千粒质量也相应增加 0.51 g,增产效果较为显著,增产量达到了 0.022 kg/m<sup>2</sup>,增产幅度 2.3%。

综上,在种植粳稻的过程中,应把握良机,适时施用适宜的促花肥与保花肥,施用的主要肥料为尿素,促花肥与保花肥的总 N 施用量为 8 kg/667 m<sup>2</sup>。在施用促花肥时,可以考虑适量增加 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>,以充分发挥其功效,建议 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 施用量为 3.7 kg/667 m<sup>2</sup>,即每 667 m<sup>2</sup> 的土地上使用 8 kg 的磷酸二铵或 20 kg 过磷酸钙。

## 参考文献:

[1] 刘建,魏亚凤,徐少安. 蘖穗肥氮素配比对水稻产量、品

- 质及氮肥利用率的影响[J]. 华中农业大学学报, 2006, 25(3): 223–227.
- [2] 魏玉光. 不同密度和施肥量对水稻产量及品质的影响[J]. 农业科技通讯, 2012(12): 62–63, 129.
- [3] 宋宪青. 不同施肥量及栽培密度对水稻产量和效益的影响[J]. 现代农业科技, 2011(2): 52, 54.
- [4] 郭福明, 石淑华, 张雨政. 水稻穗肥不同施用时期对产量的影响[J]. 现代化农业, 2012(7): 26.
- [5] 王迪轩. 水稻优质高产问答[M]. 北京: 化学工业出版社, 2013.
- [6] 李小坤. 水稻营养特性及科学施肥[M]. 北京: 中国农业出版社, 2016.
- [7] 张发丽, 黄婷婷, 石明, 等. 穗肥调控时期对大穗型水稻品种结实率及产量的影响[J]. 贵州农业科学, 2014, 42(7): 24–26, 30.
- [8] 潘圣刚, 黄胜奇, 翟晶, 等. 氮肥用量与运筹对水稻氮素吸收转运及产量的影响[J]. 土壤, 2012, 44(1): 23–29.

## Effects of Different Formulas of Spikelet-promoting Fertilizer and Spikelet-preserving Fertilizer on Yield and Yield Structure of Geng Rice

ZHANG Yue, GU Songping

(Huaihai Branch, Jiangsu Provincial Agricultural Reclamation and Development Co., Ltd., Yancheng 224354, China)

**Abstract:** In order to explore the effects of rice spikelet-promoting fertilizer and spikelet-preserving fertilizer with different formula combinations of N and  $P_2O_5$  on the yield and yield structure of geng rice under the wet infiltration fertilization method, the geng rice variety Huaidao 5 with a larger planting area in production was selected as the experimental material. Diammonium phosphate, calcium superphosphate, and ordinary urea were mixed in the rice spikelet-promoting fertilizer. One control group (without the application of spikelet-promoting fertilizer and spikelet-preserving fertilizer) was set up, and three fertilization modes of spikelet-promoting fertilizer (treatment 1, 2, and 3) were used to study the response of geng rice yield and its constituent factors to different N and  $P_2O_5$  formulas of spikelet-promoting fertilizer and spikelet-preserving fertilizer. The results showed that there was no statistical significance in rice yield and yield structure between the three treatments, and the average yield increased by 24.5% compared with the control. The two treatments (treatment 1–2) with  $P_2O_5$  application in spikelet-promoting fertilizer increased yield by 26.5% compared to the control, and increased yield by 5.2% compared to treatment 3 with only urea application in spikelet-promoting fertilizer. Treatment 1 with application of diammonium phosphate in spikelet-promoting fertilizer increased yield by 2.3% compared to treatment 2 with increased application of superphosphate in spikelet-promoting fertilizer. It is recommended to apply spikelet-promoting fertilizer and spikelet-preserving fertilizer to geng rice. When applying flower promoting fertilizer to geng rice, increase the application of diammonium phosphate at a dosage of 8 kg/667 m<sup>2</sup> or superphosphate at a dosage of 20 kg/667 m<sup>2</sup>.

**Key Words:** Panicle fertilizer; Spikelet-promoting fertilizer; Spikelet-preserving fertilizer; Geng rice; Field structure; Field

### 本刊常用计量单位符号简介

为执行国务院发布的《关于在我国统一实行法定计量单位的命令》的规定, 根据中华人民共和国“量和单位”系列国家标准(GB3100—1993、GB/T3101—1993 和 GB/T3102.1~3102.13—1993), 现将本刊常用的计量单位符号介绍如下, 希广大作者遵照执行。

时间: 日(天)—d; 表格中(月/日)应用(月—日), 如 2/30 应用 02–30; 时—h; 分—min; 秒—s。质量: 吨—t; 公斤(千克)—kg; 克—g; 毫克—mg; 微克—μg; 纳克—ng。体积: 升—L; 毫升—mL; 微升—μL。浓度: 克分子浓度(M)废用, 改为摩尔/升(mol/L); 当量浓度(N)废用, 换算成相应的 mol/L; ppm 换算为相应的 mg/kg、μL/L、μmol/mol 等。面积: 亩—667 m<sup>2</sup>, 万亩换算为万 hm<sup>2</sup> 等。

李信冬,龙小军,李 兵. 生物有机肥制备工艺优化及在水稻生产上的应用[J/OL]. 大麦与谷类科学,2024,41(2):33–37. <https://doi.org/10.14069/j.cnki.32-1769/s.2024.02.007>.

# 生物有机肥制备工艺优化及在水稻生产上的应用

李信冬,龙小军,李 兵

(南京宁粮生物工程有限公司,江苏 南京 211103)

**摘要:**开发生物有机肥并应用于农业生产中,不但可以提高土壤的有机质含量,改善土壤环境,而且还能促进作物的生长。为探索娄氏链霉菌(*Streptomyces rochei*)经济实用的固体发酵工艺,用95%食用菌渣和5%水稻秸秆作为原料混合发酵10 d后,接种5%娄氏链霉菌菌液,整个发酵周期50 d,发酵结束后,发酵料中的有效菌含量和发芽指数均符合生物有机肥国家标准。将该生物有机肥应用到水稻生产上,并测定水稻的分蘖数、千粒质量和产量。结果发现,与常规化肥(对照)相比,水稻的分蘖数、千粒质量和产量都有明显增加。施用生物有机肥300 kg/667 m<sup>2</sup>的水稻分蘖数、千粒质量和产量比对照分别增加了32.0%、10.6%、17.6%。经济效益分析表明,施用生物有机肥200 kg/667 m<sup>2</sup>的收益较好。随着生物有机肥施用量的增加,水稻的产量也随之提高,但经济效益并没有随之增加,因此,在实际生产中建议生物有机肥的用量以200 kg/667 m<sup>2</sup>为宜。

**关键词:**固体发酵;生物有机肥;工艺;水稻;应用

**中图分类号:**S511

**文献标志码:**B

**文章编号:**1673-6486-20230266

我国是农业大国,水稻秸秆资源丰富。同时随着经济的发展,国民的生活水平不断提高,食用菌菇的需求量也日益增加,导致每年产生大量的食用菌渣。娄氏链霉菌(*Streptomyces rochei*)是一种放线菌,它能利用秸秆类物质中的营养成分进行自身繁殖,降解大分子有机物,同时产生一系列有益的抗菌物质和生物活性化合物。利用它的降解能力和生化特性发酵秸秆类原料,开发成生物有机肥并应用于农业生产中,不但能提高土壤的有机质含量、改良土壤环境,而且还促进作物的生长。食用菌渣含有丰富的氮、磷、钾元素和有机物,水稻秸秆含有纤维素和半纤维素,食用菌渣和秸秆2种物质混合通过娄氏链霉菌发酵降解,一方面娄氏链霉菌分解有机物,从原料中获得营养,自身得到扩繁;另一方面它在繁殖过程中会产生有益的代谢产物。把发酵好的生物有机肥运用到农业生产中,原料可得到无害化、肥料化循环利用。我国农田过量施用化肥现象较为普遍,导致农田土壤酸化板结、生物酶活性下降等问题<sup>[1-2]</sup>。生物有机肥是含有特定有机物并具有有机肥效应的物料<sup>[3-5]</sup>。生物有机肥与化肥相比,养分齐全,能改善土壤,提高养分利用率;与有

机肥相比,生物有机肥含有功能菌,具有抗病害能力强、安全性能高等优点<sup>[6-7]</sup>。生物有机肥施入土壤后能供给作物良好的生存环境从而提高作物产量<sup>[8]</sup>。因此,本试验从生物有机肥的发酵工艺优化着手,确保生物有机肥有效菌数稳定,符合国家标准。生物有机肥替代部分化肥施用到水稻田,可以减少化肥施用量,增加土壤有机质含量,提高水稻产量,使农业生产得以可持续发展。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

娄氏链霉菌(*Streptomyces rochei*)由江苏省农业科学院农业资源与环境研究所提供。食用菌渣由南京金万辰生物科技有限公司提供,其有机质含量(质量分数,下同)55.6%,全氮含量1.23%,全磷含量1.35%,全钾含量0.72%,pH值5.53。水稻秸秆取自南京市江宁区湖熟街道双新社区东北村,有机质含量70.4%,全氮含量0.54%,全磷含量0.13%,全钾含量0.93%。水稻品种为宁香粳9号,源自江苏明天种业科技有限公司。

### 1.2 供试地点

发酵试验于2022年3月至2022年4月在南京市南京宁粮生物工程有限公司进行。田间试验于2022年6—11月在南京市江宁区湖熟街道双新社

收稿日期:2023-11-08;修回日期:2024-04-09。

作者简介:李信冬(1982—),男,助理农艺师,主要从事农用微生物菌剂、农业废弃物资源化利用和生物有机肥生产工艺等研究工作。Email: lxd820521@163.com。

区东北村(118.87°E、31.86°N)进行。种植制度为稻麦轮作。供试土壤为马肝土,肥力均匀,有机质含量为19.4 g/kg,全氮含量为1.13 g/kg,碱解氮含量为103.2 mg/kg,有效磷含量为17.1 mg/kg,速效钾含量为96.5 mg/kg,pH值5.82。

### 1.3 发酵液制备和初始参数调节

将活化好的娄彻氏链霉菌接种到装有灭菌的高氏一号培养液的摇瓶中,35℃培养48 h。再把摇瓶中的发酵液接种到100 L的种子罐中,35℃培养48 h后得到种子液。最后再把种子液移到2 000 L的发酵罐中培养72 h。发酵结束后,菌液中娄彻氏链霉菌的含量为16.3亿CFU/mL左右。发酵初始参数调节是在物料混合后,调节水分含量为60%,初

始pH值为6.5。

### 1.4 固体发酵工艺试验设计

试验处理为食用菌渣和水稻秸秆的不同配比(A)、娄彻氏链霉菌菌液的不同接种时间(B)、娄彻氏链霉菌菌液的不同接种量(C),对3种处理不同参数进行组合试验,同时单独设置2种配比物料作为对照(CK1、CK2),各处理重复3次,具体试验组合如表1所示。本试验发酵周期为50 d,于2022年3月10日—4月30日在南京宁粮生物工程有限公司固体发酵车间进行。每个处理初始干物质原料均为5 t。发酵结束后测定有效菌含量、发芽指数等指标作为评价依据,以此确定最优工艺参数。

表1 发酵工艺优化参数试验组合表

| 处理  | 编号     | 物料配比(A)         | 加入菌种时间(B)     | 接种量(C)/% |
|-----|--------|-----------------|---------------|----------|
| CK1 | A1     | 95%食用菌渣、5%水稻秸秆  | —             | —        |
| CK2 | A2     | 85%食用菌渣、15%水稻秸秆 | —             | —        |
| D1  | A1B1C1 | 95%食用菌渣、5%水稻秸秆  | 物料混合发酵时加入     | 3.0      |
| D2  | A1B1C2 | 95%食用菌渣、5%水稻秸秆  | 物料混合发酵时加入     | 5.0      |
| D3  | A1B2C1 | 95%食用菌渣、5%水稻秸秆  | 物料混合发酵10 d后加入 | 3.0      |
| D4  | A1B2C2 | 95%食用菌渣、5%水稻秸秆  | 物料混合发酵10 d后加入 | 5.0      |
| D5  | A2B1C1 | 85%食用菌渣、15%水稻秸秆 | 物料混合发酵时加入     | 3.0      |
| D6  | A2B1C2 | 85%食用菌渣、15%水稻秸秆 | 物料混合发酵时加入     | 5.0      |
| D7  | A2B2C1 | 85%食用菌渣、15%水稻秸秆 | 物料混合发酵10 d后加入 | 3.0      |
| D8  | A2B2C2 | 85%食用菌渣、15%水稻秸秆 | 物料混合发酵10 d后加入 | 5.0      |

### 1.5 田间应用试验

大田试验共设置5个处理(表2),每个处理都是等养分施肥,施用生物有机肥和灭活的生物有机肥都需要在化肥施用扣除原料中自带的养分,减少化肥施用量,所施用的生物有机肥是在固体发酵试验基础上筛选出最优工艺制备而成的。对照处理(CK)采用常规施肥,其中:基肥为水稻配方肥(N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O质量比为20:8:12,下同),施用量为53.3 kg/667 m<sup>2</sup>;分蘖肥为尿素,施用量为20 kg/667 m<sup>2</sup>;穗肥为复合肥(N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O质量比为15:15:15,下同),施用量为16 kg/667 m<sup>2</sup>。T1处理在常规施肥的基础上增施生物有机肥(N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O质量比为1.17:0.95:0.86,有机质含量为62.1%,下同),施用量为200 kg/667 m<sup>2</sup>。T2处理在常规施肥的基础上

施用灭活的生物有机肥200 kg/667 m<sup>2</sup>。T3处理在常规施肥的基础上增施生物有机肥300 kg/667 m<sup>2</sup>。T4处理在常规施肥的基础上施用灭活的生物有机肥300 kg/667 m<sup>2</sup>。本试验为田间大区试验,每个处理实施面积为1 500 m<sup>2</sup>。采用机插秧种植,密度为株距20 cm,行距30 cm。各处理间有田埂,用黑膜包裹,单独进水排水,设保护行。各处理除施用肥料不同外,其他农艺措施一致。2022年6月5日水稻定植,8月14日测定水稻茎蘖数,11月5日取样,测定水稻千粒质量、产量。

### 1.6 数据分析

采用SPSS 19.0对处理间进行单因素方差分析与Duncan多重比较。

表 2 不同处理肥料施用量(等养分处理)

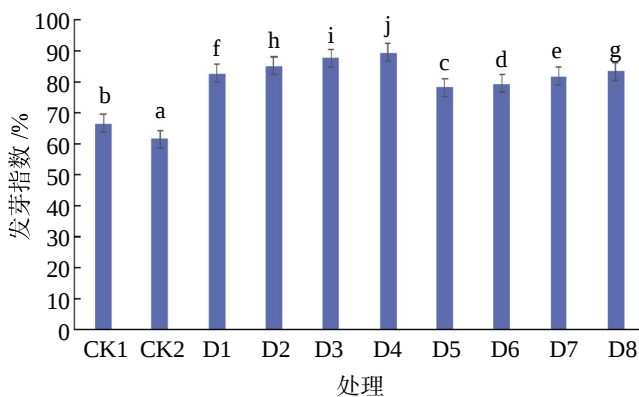
kg/667 m<sup>2</sup>

| 处理 | 配方肥  | 尿素   | 复合肥 | 磷酸二氢钾 | 硫酸钾  | 生物有机肥   |
|----|------|------|-----|-------|------|---------|
| CK | 53.3 | 20.0 | 16  | —     | —    | —       |
| T1 | 46.6 | 10.5 | —   | 2.44  | 2.28 | 200     |
| T2 | 46.6 | 10.5 | —   | 2.44  | 2.28 | 200(灭活) |
| T3 | 46.6 | 7.8  | —   | 0.60  | 1.81 | 300     |
| T4 | 46.6 | 7.8  | —   | 0.60  | 1.81 | 300(灭活) |

## 2 结果与分析

### 2.1 固体发酵结束后物料的发芽指数

由图 1 可知,物料混合时和物料发酵中加入菌种的发芽指数(GI)都达到了 NY/T 525—2021《有机肥料》标准(参考)中规定的 70%以上。D4 处理的发芽指数最高,为 89.3%,与 CK1 处理相比增加 34.3%;D3 次之,为 87.5%。在食用菌渣中添加 5%的水稻秸秆处理发酵料的 GI 高于 10%的秸秆添加处理,在发酵 10 d 后加入菌剂处理发酵料的 GI 高于发酵开始时添加处理,5%的菌剂添加量处理发酵料的 GI 高于 3%的添加量处理。娄彻氏链霉菌适宜的发酵温度为 35 ℃左右,发酵高温阶段不利于娄彻氏链霉菌在物料中生长繁殖,在经过高温期后加入菌种,利于菌种在物料中快速扩繁,增加发酵物料的腐殖化效果。



图中柱上不同小写字母表示处理间差异有统计学意义( $P < 0.05$ )

图 1 固体发酵过程各处理发芽指数情况

### 2.2 发酵结束后各处理发酵料中的娄彻氏链霉菌含量

由表 3 可知,发酵时加入菌种,物料中的有效菌含量都达到了 NY 884—2012《生物有机肥》标准中规定的 0.2 亿 CFU/g 以上。D4 处理的链霉菌含量最高,为 2.53 亿 CFU/g;D8 次之,为 2.01 亿 CFU/g。

随着菌种添加量的增加,发酵料中的链霉菌含量也随之增加;在菌种添加时间和添加量确定的条件下,在食用菌渣中添加 5%的水稻秸秆处理更有利于娄彻氏链霉菌的扩繁;在发酵 10 d 后加入菌剂处理发酵料的链霉菌含量高于发酵开始时添加处理。

### 2.3 田间应用条件下不同处理对水稻分蘖数、千粒质量及产量的影响

由表 4 可知,施用生物有机肥和灭活的生物有机肥对水稻的分蘖都有促进作用,其中施用生物有机肥 300 kg/667 m<sup>2</sup>(T3 处理)与 CK 相比,分蘖数增加了 32.0%。施用生物有机肥和灭活的生物有机肥,水稻的千粒质量都得到提高,原因是物料中含有有机质,与化肥搭配施用,能改善水稻生长条件,增加水稻的千粒质量。其中,施用生物有机肥 200 kg/667 m<sup>2</sup>(T1 处理)与 CK 相比,千粒质量增加了 7.1%;施用生物有机肥 300 kg/667 m<sup>2</sup>(T3 处理)与 CK 相比,千粒质量增加了 10.6%。施用生物有机肥和灭活的生物有机肥能够增加水稻的产量,施用生物有机肥 200 kg/667 m<sup>2</sup>(T1 处理)与 CK 相比,产量增加了 13.5%;施用生物有机肥 300 kg/667 m<sup>2</sup>(T3 处理)与 CK 相比,产量增加了 17.6%。

### 2.4 经济效益分析

表 5 中,水稻收购价为 2.90 元/kg;肥料成本为各处理实施的肥料总和,其中配方肥单价为 3 500 元/t,尿素单价为 2 800 元/t,复合肥单价为 3 200 元/t,磷酸二氢钾单价为 6 500 元/t,硫酸钾单价为 3 500 元/t,生物有机肥单价为 1 000 元/t;农资包括种子、农药和肥料等,动力和人工成本是指灌溉、机械作业和人工费用等。如表 5 所示,施用生物有机肥处理的纯收益均高于对照处理,其中:生物有机肥 200 kg/667 m<sup>2</sup>处理的收益最高,生物有机肥 300 kg/667 m<sup>2</sup>处理次之。虽然随着生物有机肥施用量的增加,水稻的产量也随之增加,但经济效益并没有随之提高,因此在实际生产中生物有机肥的用量以 200 kg/667 m<sup>2</sup>为宜。

表 3 发酵结束后各处理物料中的娄彻氏链霉菌含量

| 处理  | 编号     | 娄彻氏链霉菌含量 /(亿 CFU/g) |
|-----|--------|---------------------|
| CK1 | A1     | —                   |
| CK2 | A2     | —                   |
| D1  | A1B1C1 | 0.45                |
| D2  | A1B1C2 | 0.56                |
| D3  | A1B2C1 | 1.68                |
| D4  | A1B2C2 | 2.53                |
| D5  | A2B1C1 | 0.55                |
| D6  | A2B1C2 | 0.68                |
| D7  | A2B2C1 | 1.36                |
| D8  | A2B2C2 | 2.01                |

表 4 不同处理对水稻分蘖数、千粒质量和产量的影响

| 处理 | 有效分蘖数 /(个 / 株) | 千粒质量 /g | 产量 /(kg/667 m <sup>2</sup> ) |
|----|----------------|---------|------------------------------|
| CK | 15.3           | 25.4    | 586                          |
| T1 | 19.1           | 27.2    | 665                          |
| T2 | 16.4           | 26.5    | 652                          |
| T3 | 20.2           | 28.1    | 689                          |
| T4 | 18.6           | 26.9    | 661                          |

表 5 不同处理产投经济效益分析

| 处理 | 总产出 /<br>(元 /667 m <sup>2</sup> ) | 农资 /<br>(元 /667 m <sup>2</sup> ) | 动力和人工 /<br>(元 /667 m <sup>2</sup> ) | 总投入 /<br>(元 /667 m <sup>2</sup> ) | 纯收益 /<br>(元 /667 m <sup>2</sup> ) |
|----|-----------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| CK | 1 699.4                           | 293.87                           | 90                                  | 383.87                            | 1 315.53                          |
| T1 | 1 928.5                           | 416.50                           | 100                                 | 516.50                            | 1 412.00                          |
| T2 | 1 890.8                           | 416.50                           | 100                                 | 516.50                            | 1 374.30                          |
| T3 | 1 998.1                           | 495.45                           | 100                                 | 595.45                            | 1 402.65                          |
| T4 | 1 916.9                           | 495.45                           | 100                                 | 595.45                            | 1 321.45                          |

3 讨论与结论

固体发酵试验表明,D4 处理所得的生物有机肥发芽指数最高,链霉菌含量最高,为 2.53 亿 CFU/g,可见该工艺最优,即按 95%食用菌渣和 5%水稻秸秆配比发酵料,在物料混合发酵 10 d 后接种 5.0%的娄彻氏链霉菌发酵液,经过 50 d 的发酵工艺,所制成的生物有机肥不仅符合 NY 884—2012《生物有机肥》的标准,而且生物有机肥的发芽指数(GI)为 89.3%,也超过了 NY/T 525—2021《有机肥料》标准(参考)中规定的 70%以上。这种生产生物有机肥的

工艺,不仅符合娄彻氏链霉菌的固体发酵原理,而且发酵原材料取材广泛,操作简单方便,大大节约了生产成本,是一种既经济又高效的生产工艺。

对 D4 工艺所制生物有机肥进行田间应用试验表明,与常规施肥相比,生物有机肥 300 kg/667 m<sup>2</sup> 处理水稻的分蘖数增加了 32.0%,千粒质量增加了 10.6%,产量增加了 17.6%,效果表现最佳;但经济效益分析表明,该生物有机肥 200 kg/667 m<sup>2</sup> 处理的收益最高。因此,建议在实际生产中施用 200 kg/667 m<sup>2</sup> 的该生物有机肥。

生物有机肥中的营养元素和微生物共同作用,

不但可提高土壤有机质含量,培肥地力<sup>[9]</sup>,提高土壤酶活性<sup>[10-11]</sup>,改善土壤环境,而且能促进水稻生长,提高水稻的产量,增加农民的收入。同时施用生物有机肥,可减少化肥的施用量,提高化肥利用率,保护农田环境。所以,在我国农业生产中应大力提倡施用生物有机肥,把农业废弃物进行资源化再利用,使之回归农田,这是一条绿色可持续发展道路。

#### 参考文献:

- [1] 陈轩敬,赵亚南,柴冠群,等. 长期不同施肥下紫色土综合肥力演变及作物产量响应[J]. 农业工程学报,2016,32(增刊 1): 139-144.
- [2] 李 磊. 轮作条件下化肥减量对土壤养分及微生物活性的影响[D]. 哈尔滨:东北农业大学,2018.
- [3] 陈雪梅,王冀川,石元强,等. 生物有机肥在作物上应用的研究进展[J]. 农业与技术,2021,41(17):11-16.
- [4] 孙家骏,付青霞,谷 洁,等. 生物有机肥对猕猴桃土壤酶活性和微生物群落的影响[J]. 应用生态学报,2016,27(3):829-837.
- [5] 涂保华,符 菁,赵 远,等. 基于光合菌剂的复合微生物菌肥对土壤速效养分含量及微生物群落结构多样性的影响[J]. 西南农业学报,2019,32(12):2878-2884.
- [6] 汪小涵,钱 磊,韦殿菊,等. 我国生物有机肥研究与应用进展[J]. 现代农业科技,2019(4):160-161,163.
- [7] 田 苗,李 鹏,赵 坤,等. 生物有机肥及其应用效果[J]. 现代化农业,2023(1):27-30.
- [8] 刘京京,陈学文,梁爱珍,等. 微生物肥料及其对黑土旱田作物应用的效果[J]. 土壤与作物,2023,12(2):179-195.
- [9] 徐节田,邸文静,杜 刚,等. 有机物料还田方式及对土壤施肥的作用[J]. 现代农业科技,2019(1):182,184.
- [10] 赵满兴,余光美,白二磊,等. 陕北黄土高原植被恢复区土壤酶活性研究[J]. 土壤通报,2020,51(1):105-114.
- [11] 田小明,李俊华,王 成,等. 连续 3 年施用生物有机肥对土壤养分、微生物生物量及酶活性的影响[J]. 土壤,2014,46(3):481-488.

## Optimization of Preparation Technology of Bio-organic Fertilizer and Its Application in Rice Production

LI Xindong, LONG Xiaojun, LI Bing

(Nanjing Ningliang Biological Engineering Co., Ltd., Nanjing 211103, China)

**Abstract:** Developing bio-organic fertilizers and applying them to agricultural production are not only increasing soil organic matter and improving soil environment, but also promoting crop growth. In order to explore an economical and practical solid fermentation process for *Streptomyces rochei*, 95% edible mushroom residue and 5% rice straw were mixed for fermentation for 10 days, and 5% *Streptomyces rochei* broth was inoculated. The entire fermentation cycle was 50 days. After the fermentation was completed, the effective bacterial content in the fermentation material and the germination index met the national standard for biological organic fertilizers. Compared with conventional fertilization, the tiller number, thousand-grain weight and yield of rice were significantly increased after the application of bio-organic fertilizer to the rice production. The tiller number of rice, thousand-grain weight and yield increased by 32.0%, 10.6% and 17.6%, respectively after application of bio-fertilizer at a rate of 300 kg/667 m<sup>2</sup>. Economic benefit analysis showed that there was a better economic benefit at a rate of 200 kg/667 m<sup>2</sup> of bio-organic fertilizer. With the increase of the application of bio-organic fertilizers, the yield of rice also increased, but the economic benefits did not increase accordingly. Therefore, in actual production, the appropriate dosage of bio-organic fertilizer is 200 kg/667 m<sup>2</sup>.

**Key Words:** Solid fermentation; Bio-organic fertilizer; Technology; Rice; Application

倪艳云,王 飞,吴静雅. 高邮市耕地质量综合评价及提升策略[J/OL]. 大麦与谷类科学,2024,41(2):38–41. <https://doi.org/10.14069/j.cnki.32-1769/s.2024.02.008>.

# 高邮市耕地质量综合评价及提升策略

倪艳云,王 飞,吴静雅

(高邮市农业农村局,江苏 高邮 225600)

**摘要:**为全面了解高邮市耕地质量现状,提升耕地质量水平,对高邮市耕地质量开展调查评价、等级划分和系统分析,结果表明:高邮市耕地质量加权平均等级为 2.60,整体水平较高,其中二等地面面积最大,为 36 563.60 hm<sup>2</sup>。耕地三大利用类型中耕地质量等级高低表现为水田 > 水浇地 > 旱地,且全市耕地土壤有机质、全氮、有效磷、速效钾含量平均分别为 36.13 g/kg、2.08 g/kg、26.15 mg/kg、146.73 mg/kg,均处于高等水平。

**关键词:**耕地质量;评价;现状;提升

**中图分类号:** S341.1

**文献标志码:** B

**文章编号:** 1673-6486-20230247

耕地是粮食生产的命根子,是保障粮食安全的关键。 “藏粮于地、藏粮于技”是实现我国粮食安全的重要战略,其中“藏粮于地”是基石,因为离开了耕地,“藏粮于技”就无落脚之处,粮食安全也就没有了最基本的载体<sup>[1-2]</sup>。2022 年中央一号文件强调“严守十八亿亩耕地红线不动摇”。耕地保护不仅是数量保护,还包括耕地质量保护与提升。耕地质量与农业生产能力密切相关。耕地质量等级评价是从农业生产角度出发,通过构建耕地质量评价指标体系,采用综合指数法,对耕地地力、土壤健康状况和田间基础设施构成以及满足农产品持续产出和质量安全生产能力进行评价,并根据等级划分原则划分出具体的等级<sup>[3]</sup>。耕地质量调查评价能为区域粮食生产安全、农业发展规划、种植业区划布局、耕地质量保护与提升及政府制定耕地保护政策提供科学依据<sup>[4-5]</sup>。

高邮市是苏中地区典型的农业大市,但近年来随着城镇化水平提高以及农业结构调整,大量耕地被占用,耕地质量保护与提升压力变大。高邮市耕地质量变化能反映城镇化和农业结构调整对耕地质量的影响。本文根据高邮 2021 年耕地质量等级调查数据,采用《耕地质量调查监测与评价方法》(国家农业部令,2016 年第 2 号)和 GB/T 33469—2016《耕地质量等级》国家标准,开展耕地质量评价与分

级,并对改善耕地质量提出建议。

## 1 材料与方法

### 1.1 地区概况

高邮市位于长江三角洲的江苏省中部、淮河下游,地处里下河碟形洼地的西缘,京杭大运河纵贯南北。东邻兴化市,南连江都市、邗江区、仪征市,西接天长市(安徽省)、金湖县,北抵宝应县。全市总面积 1 963 km<sup>2</sup>,其中陆地面积 1 175 km<sup>2</sup>,水域面积 788 km<sup>2</sup>,分别占总面积的 59.9%、40.1%。地势西南高,东北低,多为水乡平原。全市属于北亚热带季风气候区,四季分明,寒暑显著,阳光充足,雨水充沛。

高邮市耕地土壤分为水稻土、潮土和沼泽土,其中水稻土占比 89.2%。水稻土分为潴育型、脱潜型、潜育型、渗育型、漂洗型 5 种,其中潴育型水稻土面积比例达 70%。高邮市土壤肥沃,适合种植多种农作物。据 2022 年高邮市统计局数据,全市稻麦种植面积分别达 53 866.7、53 873.3 hm<sup>2</sup>,稻麦单位面积产量分别达 621.00、398.70 kg/667 m<sup>2</sup>,总产量分别达 50.04 万、32.22 万 t。

### 1.2 研究方法

**1.2.1 数据来源。**本次高邮市耕地质量等级评价单元是用高邮市第二次土壤普查成果土壤图、高邮市行政区划图、第三次全国国土调查的土地利用现状图三图叠加提取耕地属性生成;通过固定耕地质量监测点的土样样品采集调查,采用农业化学分析方法对土壤理化指标进行分析。采用国家标准 GB/T

收稿日期:2023-08-13;修回日期:2024-04-07。

作者简介:倪艳云(1983—),女,硕士,高级农艺师,从事稻麦高产栽培、土壤肥料技术推广研究。Email: 271570347@qq.com。

33469—2016《耕地质量等级》对检测指标进行分析。

**1.2.2 评价方法。**采用 GB/T 33469—2016《耕地质量等级》推荐的层次分析法和德尔菲法相结合的方法对耕地质量等级进行评价。在确定耕地质量各评价指标隶属度的基础上,采用层次分析法确定各评价指标的权重,进而计算各评价单元的综合指数。具体计算方法如下: $I=\sum F_i \times C_i$ 。式中: $I$ 为耕地生产性能综合指数; $F_i$ 为评价指标的隶属度; $C_i$ 为组合权重。再根据各评价单元的耕地质量综合指数和对应的耕地质量等级划分方案来确定各评价单元的耕地质量等级。

## 2 结果与分析

### 2.1 耕地质量等级总体情况

根据 GB/T 33469—2016《耕地质量等级》将高邮市耕地质量等级划分为十个等级。耕地质量按照一等地>二等地>三等地>四等地>五等地>六等地>七等地>八等地>九等地>十等地来评价。高等地包含一等地、二等地和三等地,中等地包含四等地、五等地和六等地,低等地包括七等地、八等

地、九等地和十等地。高邮市的耕地质量等级中二等地和三等地的面积最大,低等地面积最小且只有七等地分布(图 1、表 1)。由表 1 可知,高邮市耕地质量评价等级为 2.60;一至七等级地中面积体现为二等级地>三等级地>四等级地>一等级地>五等级地>六等级地>七等级地。在全市耕地中面积占比较大的分别为二等地、三等地和四等地,面积分别为 36 563.60、15 008.21、6 055.96  $\text{hm}^2$ , 占比分别达 53.54%、21.98%、8.87%(图 1)。

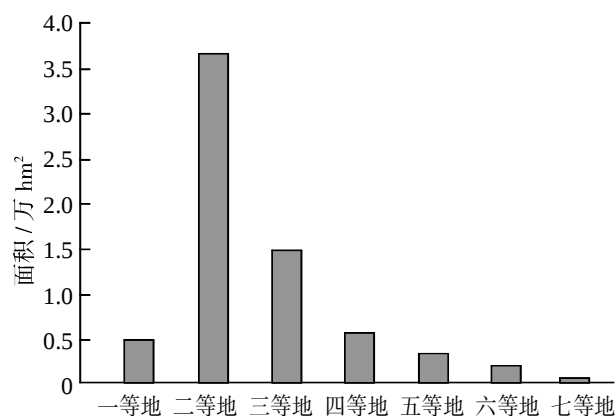


图 1 高邮市不同耕地质量等级面积统计

表 1 高邮市耕地质量等级分布

| 乡镇    | 一等地<br>面积/ $\text{hm}^2$ | 二等地<br>面积/ $\text{hm}^2$ | 三等地<br>面积/ $\text{hm}^2$ | 四等地<br>面积/ $\text{hm}^2$ | 五等地<br>面积/ $\text{hm}^2$ | 六等地<br>面积/ $\text{hm}^2$ | 七等地<br>面积/ $\text{hm}^2$ | 平均等级 |
|-------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|------|
| 高邮镇   | 39.72                    | 583.26                   | 330.72                   | 213.55                   | 0.09                     | 0                        | 0                        | 2.62 |
| 龙虬镇   | 848.58                   | 1 370.82                 | 212.43                   | 33.73                    | 0                        | 0                        | 0                        | 1.77 |
| 车逻镇   | 995.88                   | 2 761.65                 | 330.75                   | 0                        | 0                        | 0                        | 0                        | 1.67 |
| 汤庄镇   | 581.91                   | 4 865.67                 | 2 258.11                 | 215.42                   | 48.19                    | 0                        | 0                        | 2.28 |
| 卸甲镇   | 168.35                   | 7 387.60                 | 1 498.24                 | 12.11                    | 0                        | 0                        | 0                        | 2.15 |
| 三垛镇   | 61.89                    | 3 313.08                 | 1 955.76                 | 566.09                   | 46.02                    | 0                        | 0                        | 2.53 |
| 甘垛镇   | 64.50                    | 3 009.23                 | 2 002.50                 | 471.17                   | 141.65                   | 0                        | 0                        | 2.58 |
| 界首镇   | 835.80                   | 2 527.19                 | 5.94                     | 0                        | 0                        | 0                        | 0                        | 1.75 |
| 周山镇   | 667.33                   | 2 127.52                 | 331.43                   | 31.34                    | 0                        | 0                        | 0                        | 1.91 |
| 临泽镇   | 345.87                   | 3 668.87                 | 4 276.79                 | 2 338.43                 | 489.18                   | 0                        | 0                        | 2.91 |
| 送桥镇   | 68.90                    | 1 862.77                 | 1 180.33                 | 783.50                   | 1 918.23                 | 1 949.80                 | 114.94                   | 4.13 |
| 菱塘乡   | 0                        | 0                        | 21.11                    | 1 348.73                 | 941.34                   | 0.98                     | 0                        | 4.40 |
| 经济开发区 | 333.47                   | 3 085.94                 | 604.1                    | 41.89                    | 0                        | 0                        | 0                        | 2.10 |
| 总计    | 5 012.20                 | 36 563.60                | 15 008.21                | 6 055.96                 | 3 584.70                 | 1 950.78                 | 114.94                   | 2.60 |

由表1可知,高等级地(一至三等级地)面积为56 584.01 hm<sup>2</sup>,占全市耕地面积的82.86%,主要分布在汤庄镇、卸甲镇、临泽镇等地,地形主要是平原低阶,此地区耕地土壤类型以黑乌土、黄乌土、黑黄乌土为主,质地结构以上松下紧型为主,灌溉、排水条件较好,土壤熟化程度较高,基础地力较高,是粮食产量较高区域。

在全市耕地面积中,中等地面积达11 591.44 hm<sup>2</sup>,占比16.97%,主要分布在送桥镇、菱塘乡、临泽镇等地区,地形主要以丘陵和平地为主,且土壤质地以砂土为主,耕作土层偏浅,有机质含量适中,增产潜力较大。

高邮市的低等级耕地仅有七级地,面积114.94 hm<sup>2</sup>,占全市耕地面积的0.17%,只分布在送桥镇。此地区耕地土壤类型以白土、杂白土为主,以砂土居多,养分含量极低,增产潜力较小,需要加以改良。

## 2.2 不同耕地利用类型耕地质量情况

高邮市耕地利用类型分为水田、水浇地、旱地,其面积分别为93.83万、5.02万、0.37万hm<sup>2</sup>,分别占全市耕地面积的94.57%、5.06%、0.37%。水田、水浇地、旱地的耕地质量评价等级差别较大,分别为2.5、4.3和5.0,原因在于其组成不同。其中:水田主要由高等地和中等地组成,占比分别为80.25%和19.25%;水浇地中中等地占比100%,而旱地中中等地和低等地占比分别为52.83%和47.17%。

## 2.3 耕地养分特征

由表2可知,高邮市耕地土壤有机质含量平均值为36.13 g/kg,变化幅度在22.32~37.82 g/kg;全氮含量平均值为2.08 g/kg,变化幅度在1.36~2.16 g/kg;有效磷含量整体水平较高,平均值为26.15 mg/kg,变化幅度在10.10~28.81 mg/kg;速效钾含量的平均值为146.73 mg/kg,变化幅度在89.63~149.80 mg/kg。

表2 2021年高邮市不同等级耕地主要养分含量

| 耕地质量等级 | 有机质含量/(g/kg) | 全氮含量/(g/kg) | 有效磷含量/(mg/kg) | 速效钾含量/(mg/kg) |
|--------|--------------|-------------|---------------|---------------|
| 高等地    | 37.82        | 2.16        | 28.81         | 149.80        |
| 中等地    | 28.58        | 1.73        | 13.32         | 132.30        |
| 低等地    | 22.32        | 1.36        | 10.10         | 89.63         |

注:土壤有机质、全氮、有效磷、速效钾含量均按照耕地质量等级面积加权平均计算。

## 3 耕地质量提升策略

通过耕地质量综合评价可以看出,高邮市耕地质量整体较好,耕地质量等级以二等、三等、四等占比较大;部分地区如送桥镇、菱塘乡因养分含量低的障碍土层造成耕地质量等级偏低;而甘垛镇北部耕地质量等级偏低与养殖鱼塘复垦和田块平整度有关;临泽镇北部则因灌排条件影响耕地质量等级。为了进一步提升高邮市耕地质量,建议采取以下对策。

### 3.1 增施有机肥培肥土壤

秸秆还田是一种可以增加土壤有机质、培肥地力、改善土壤理化性状、促进农业绿色循环发展的有效措施。高邮市送桥镇、菱塘乡等丘陵地区因土壤养分含量较低,产量水平低于全市平均水平,该地区今后应加大秸秆还田技术的推广力度,同时利用高邮市畜禽养殖场较多、有机肥资源丰富的特点,对地力偏低地区实行增施有机肥、有机肥部分替代化肥,以提升耕地质量水平,实现农业绿色发展。

### 3.2 严格落实耕地占补平衡政策

要严格按照省、市相关要求开展补充耕地质量评定工作,同时对新增的补充耕地开展增施有机肥、提高灌排条件、开展深耕深松平整土地等措施,全面提升新增耕地质量等级。

### 3.3 积极开展高标准农田建设

持续加强高标准农田建设,解决农田碎片化、基础设施老化、田间道路不畅等问题,提升耕地的综合产能。同时,针对部分退化土壤开展耕地质量提升行动。

## 4 讨论与结论

### 4.1 讨论

耕地的数量与质量是约束粮食生产的先决条件<sup>[6]</sup>。耕地质量优劣及变化趋势直接影响国家粮食产量与质量安全<sup>[7]</sup>。高邮市依据GB/T 33469—2016《耕地质量等级》,对全市耕地质量进行调查评价与等级划分,结果较准确地反映了高邮市耕地质量的

空间差异。总体来看,高邮市耕地质量好,评价等级为2.60,其中以高等级地为主。从耕地利用类型来看,水田、水浇地、旱地的耕地质量等级分别为2.5、4.3、5.0,即水田耕地质量高于水浇地,水浇地耕地质量高于旱地。从耕地土壤养分状况来看,高邮市耕地主要养分含量均处于较高水平,其中有效磷含量较高,平均含量达到26.15 mg/kg,这可能与不科学施肥和施用高浓复合肥有关。土壤有机质和全氮是土壤肥力的重要指标。有机质的含量和组成能够影响土壤团粒结构、微生物种群与活性、土壤保肥能力以及农作物长势和产量<sup>[8-9]</sup>,高邮市耕地有机质含量较高,平均含量36.13 g/kg,这与多年秸秆还田且还田量大关系密切。土壤有机质含量与全氮含量密切相关,有机质含量高的土壤,其全氮含量也高。

#### 4.2 结论

调查评价结果显示,高邮市耕地质量等级达2.60,水平高。耕地质量等级中面积最大的为二等地,面积达365 603.60 hm<sup>2</sup>。耕地三大利用类型中按照耕地质量等级高低表现水田>水浇地>旱地,其耕地质量等级分别为2.5、4.3、5.0。全市耕地土壤有机质、全氮、有效磷、速效钾含量的平均值分别为36.13 g/kg、2.08 g/kg、26.15 mg/kg、146.73 mg/kg,均处于高等水平。

通过耕地质量综合评价可以看出,高邮市耕地质量整体较好,耕地质量等级以二等、三等、四等占比较大。针对部分地区耕地质量等级偏低问题,主

要开展以秸秆还田、增施有机肥、深耕深松等措施来提升耕地质量;同时严格落实补充耕地质量评定政策,持续加强高标准农田建设,解决农田碎片化、基础设施老化、田间道路不畅等问题,提升耕地的综合产能。

#### 参考文献:

- [1] 陈美球. “藏粮于地”战略:路径依赖与实施策略[J]. 吉首大学学报(社会科学版),2023,44(1):106-112,123.
- [2] 李蕊,陆璐. 基于“藏粮于民”战略的粮食储备主体优化研究[J]. 粮食科技与经济,2021,46(4):1-4.
- [3] 佚名. 耕地质量建设和保护有“标杆”了——《耕地质量等级》国家标准解读[J]. 中国农业信息,2017(8):5-10.
- [4] 崔佳慧. 吉林省中部农区主要土壤类型K值空间分异特征研究[D]. 长春:吉林农业大学,2017.
- [5] 李宏,汪甜甜,桂苗,等. 2021年合肥市耕地质量等级变化评价分析[J]. 现代农业科技,2023(8):138-141,145.
- [6] 徐明岗,卢昌艾,张文菊,等. 我国耕地质量状况与提升对策[J]. 中国农业资源与区划,2016,37(7):8-14.
- [7] 陈俊石,张冬明,王关泽. 保亭县耕地质量现状分析与提升对策[J]. 热带农业科学,2022,42(6):29-35.
- [8] 聂英. 中国粮食安全的耕地贡献分析[J]. 经济学家,2015(1):83-93.
- [9] 陈展图,杨庆媛. 中国耕地休耕制度基本框架构建[J]. 中国人口·资源与环境,2017,27(12):126-136.

## Comprehensive Evaluation and Improvement Countermeasures of Cultivated Land Quality in Gaoyou City

NI Yanyun, WANG Fei, WU Jingya

(Gaoyou Agricultural and Rural Bureau, Gaoyou 225600, China)

**Abstract:** In order to comprehensively understand the current status of cultivated land quality in Gaoyou City and improve the level of cultivated land quality, the investigation evaluation, grading and systematic analysis of cultivated land quality in Gaoyou were conducted. The results show that the weighted average grade of cultivated land quality in Gaoyou is 2.60, and the overall level is high. The second-class area is the largest, which is 36 563.60 hm<sup>2</sup>. In the three types of cultivated land, the quality grade of cultivated land is paddy field > irrigated land > dry land, and the average contents of organic matter, total nitrogen, available phosphorus and available potassium in the whole city are 36.13 g/kg, 2.08 g/kg, 26.15 mg/kg and 146.73 mg/kg, all of which are in high level.

**Key Words:** Cultivated land quality; Evaluation; Current status; Improvement

范贵强,方 辉,丁银灯,等. 2009—2018 年新疆南疆审定小麦品种特性及推广情况分析[J/OL]. 大麦与谷类科学,2024,41(2):42–48. <https://doi.org/10.14069/j.cnki.32-1769/s.2024.02.009>.

## 2009—2018 年新疆南疆审定小麦品种特性及推广情况分析

范贵强<sup>1</sup>,方 辉<sup>1</sup>,丁银灯<sup>1</sup>,赛都拉·玉苏甫<sup>2</sup>,高永红<sup>1</sup>,黄天荣<sup>1\*</sup>,周 琰<sup>3</sup>,张叶亭<sup>3</sup>,张洋军<sup>4</sup>,尚亚伟<sup>3</sup>,刘 梅<sup>3</sup>

(1. 新疆农业科学院粮食作物研究所,新疆 乌鲁木齐 830091;2. 新疆维吾尔自治区种业发展中心,新疆 乌鲁木齐 830006;

3. 泽普县农业技术推广中心,新疆 泽普 844800;4. 莎车县瓜果果产业发展有限公司,新疆 莎车 844700)

**摘要:**通过明确新疆南疆冬小麦产区 21 世纪以来审定品种的品种特性,可为区域内品种审定及引进提供参考。对 2009—2018 年间参加新疆自治区南疆区域试验并通过审定的小麦品种的产量、部分农艺性状、抗病性及推广情况进行分析。结果显示:10 年间审定的小麦品种单位面积产量水平集中在 450 ~ 500 kg/667 m<sup>2</sup>,审定品种较对照增产幅度显著增加。农艺性状方面,暂无较对照新冬 20 号早熟的特早熟品种,株高、千粒质量较新冬 20 号增加,穗粒数、容重较对照新冬 20 号减少。6 个品种在审定后得以推广,2 个品种年度播种面积超过 6 万 hm<sup>2</sup>,1 个品种年播种面积达到 6.67 万 hm<sup>2</sup>。现有引进审定品种推广度低,故需要结合区域需求引进品种,并增加引进品种对区域产业发展的贡献。现有品种审定流程已基本完备,但品质指标需要进一步优化。

**关键词:**冬小麦;新品种;农艺性状;推广

中图分类号:S512.1

文献标志码:B

文章编号:1673-6486-20230206

南疆冬麦区包括阿克苏地区、喀什地区、克孜勒苏柯尔克孜自治州(简称克州,下同)、和田地区 4 个地州,是新疆主要的小麦生产和消费区。南疆冬小麦产区光照、有效积温等自然条件与黄淮北部麦区类似<sup>[1-4]</sup>,但较之黄淮北部麦区,南疆地区具有海拔高(1 000 ~ 1 700 m)、空气湿度低、昼夜温差大等特殊的环境特点<sup>[5]</sup>。因此,新疆推广种植品种在早熟、抗旱方面需求相对较高,但对各类病害的抗性需求相对较低<sup>[6-8]</sup>。

南疆麦区面积 50 万 hm<sup>2</sup> 左右,占全疆的 49%;总产 287 万 t,占全疆的 49%;单位面积产量 4 537.5 kg/hm<sup>2</sup>。主要推广品种包括唐山 6898、新冬 20 号、新冬 22 号、新冬 40 号、邯 5316、新冬 46 号、新冬 55 号、新冬 57 号、新冬 60 号。其中新冬 20 号在 1995 年审定后种植面积逐渐增大,每年播种面积达到 20 万 hm<sup>2</sup> 以上;截至 2022 年底,新冬 20 号还没有被完全取代。

受限于生态区气候特点与育种团队的基础建

设,2000 年以前南疆冬小麦品种审定主要以引进黄淮北部麦区品种为主,唐山 6989 与新冬 20 号均为从该区域引进并审定推广的品种,对南疆冬小麦生产有着重大意义<sup>[9-12]</sup>。进入 2000 年以后,针对南疆区域环境特点,逐步形成通过 2 年多点区域试验和 1 年多点生产示范,遴选适合南疆区域种植的冬小麦品种的品种审定流程,历经多次修正,南疆冬小麦品种审定已形成完备的品种审定指标评价体系。2009—2018 年正值南疆冬小麦品种审定从起步走向成熟之际,期间审定的新冬 55 号、新冬 60 号先后多次打破区域内高产记录,推广趋势利好;新冬 40 号、新冬 46 号、新冬 57 号等一批有明显生产优势品种也在相关区域逐步推广;也有山农 20 号等一批优异的品种因为市场化运营等问题未能推广应用。

站在巨人的肩膀上才能走得更远。分析近年育成品种的特性与推广状况,有利于明确今后一段时期南疆冬小麦新品种选育的方向,促进南疆小麦产业良性发展。

### 1 材料与方法

#### 1.1 试验材料

材料为 2009—2018 年自治区冬小麦审定的新品种,材料信息见表 1。

2009—2018 年 10 年间,南疆冬麦区分别在

收稿日期:2023-05-11;修回日期:2023-09-25。

基金项目:新疆维吾尔自治区农业农村厅 2022 年“揭榜挂帅”攻关项目;新疆维吾尔自治区重大科技专项(2021A02001-1)。

作者简介:范贵强(1987—),男,硕士,研究实习员,研究方向为小麦遗传育种。Email: fanguiqi\_alex@163.com。

\* 通信作者:黄天荣(1969—),男,硕士,研究员,研究方向为小麦遗传育种。Email: htr-872@163.com。

2012、2014、2015、2016、2018 年向自治区稻麦品种审定委员会提交品种审定申请并通过审定。其中：2012 年 2 个品种、2014 年 4 个品种、2015 年 4 个品种、2016 年 8 个品种、2018 年 2 个品种。

## 1.2 数据来源

数据来源于 2009—2018 年自治区南疆冬小麦

区域试验审定公告,由自治区种业发展中心(自治区种子管理站)提供,具体数据为生产试验多点试验汇总数据。

## 1.3 数据处理

采用 Excel 2019 整理数据、分析结果。

表 1 审定品种信息

| 品种      | 品系号         | 组合                                         | 审定年份 | 选育单位                                  |
|---------|-------------|--------------------------------------------|------|---------------------------------------|
| 新冬 39 号 | *           | 新冬 20 号选系                                  | 2012 | 新疆和田地区原种场                             |
| 新冬 40 号 | *           | 新冬 20 号 × 94/2053                          | 2012 | 新疆农业科学院粮食作物研究所                        |
| 新冬 44 号 | D 09-26     | 新冬 22 号 × (奎花 2 号 × 冀麦 26 号)F <sub>1</sub> | 2014 | 新疆兵团第七师农业科学研究所                        |
| 新冬 45 号 | 04/34-13    | 99/20 × (新冬 20、98-5229、冀优 9409、石 4185)     | 2014 | 新疆生产建设兵团第一师农业科学研究所                    |
| 新冬 46 号 | 农大 211      | 农大 3338 × S180                             | 2014 | 新疆农业科学院农作物品种资源研究所<br>中国农业大学农学与生物技术学院  |
| 新冬 47 号 | 99034-33    | 耐盐材料 13 × (57-3-3 × 奎冬 5 号)                | 2014 | 国家荒漠绿洲生态建设技术工程研究中心<br>新疆金山山农业科技有限责任公司 |
| 新冬 54 号 | 中麦 155      | 济麦 19 × 鲁麦 21                              | 2015 | 中国农业科学院作物科学研究所<br>山东省农业科学院作物研究所       |
| 新冬 55 号 | 03/41       | (奎冬 5 号 × 陕 225) × 烟 361                   | 2015 | 新疆生产建设兵团第一师农业科学研究所                    |
| 新冬 56 号 | CA0391      | H3033 × H1067                              | 2015 | 新疆天玉种业有限责任公司<br>中国农业科学院作物科学研究所        |
| 新冬 57 号 | 08/N 6204   | 81-8-2-1 × 新冬 20 号                         | 2015 | 新疆农业科学院粮食作物研究所                        |
| 新冬 58 号 | D 10-586    | (京单 96-3619 × 新冬 22 号) × 中育 9307           | 2016 | 新疆生产建设兵团第七师农业科学研究所                    |
| 津农 6 号  | SDWW-2      | 烟优 361 × 955159                            | 2016 | 天津市农作物研究所                             |
| 鲁原 502  | 塔选 1 号      | 9940168 × 济麦 19                            | 2016 | 山东省农业科学院原子能农业应用研究所<br>中国农业科学院作物科学研究所  |
| 山农 20 号 | 山农 20 号     | PH82-2-2 × 954072                          | 2016 | 山东农业大学                                |
| 新冬 59 号 | A 9916      | 新冬 17 号 × 鲁麦 14                            | 2016 | 新疆天玉种业有限责任公司<br>阿克苏地区种子管理中心站          |
| 新冬 60 号 | 10/8138     | 冀 92-3160 × 津农 1 号                         | 2016 | 新疆农业科学院粮食作物研究所<br>新疆九丰禾种业有限责任公司       |
| 新冬 61 号 | JSH 冬 12-01 | Jh 05-99 × z219                            | 2016 | 九圣禾种业股份有限公司                           |
| 新冬 62 号 | 中新 HD-3     | 冀审石 4185 × 新冬 20 号                         | 2016 | 和田地区原种场                               |
| 阿农冬 4 号 | 03/40       | (奎冬 5 号 × 陕 225) × 石冬 8 号                  | 2018 | 新疆生产建设兵团第一师农业科学研究所                    |
| 鲁丰 128  | *           | 荷 9828 × 荷 92142                           | 2018 | 新疆鲁丰农业科技发展有限公司                        |

注:\* 表示无品系名称或未统计到品系名称信息。

## 2 结果与分析

### 2.1 产量

由图1可知,审定品种产量水平在6 750~7 500 kg/hm<sup>2</sup>的品种频次11次,占比55%;产量水平在>7 500~8 250 kg/hm<sup>2</sup>的品种频次7次,占比

35%;<6 750 kg/hm<sup>2</sup>和>8 250 kg/hm<sup>2</sup>的品种频次均为1次,占比均为5%(图1)。

2009—2018年审定品种较对照新冬20号、新冬22号增产幅度稳定在10%左右(图2)。2016年增产幅度有所下降,在5%左右,2018年增产幅度显著提升,其中鲁丰128增产幅度20%以上。

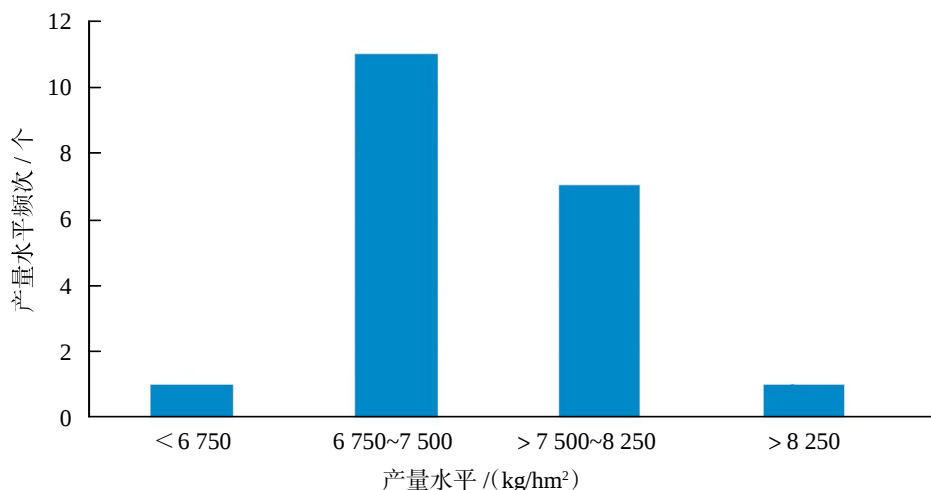


图1 审定品种产量分布及频率

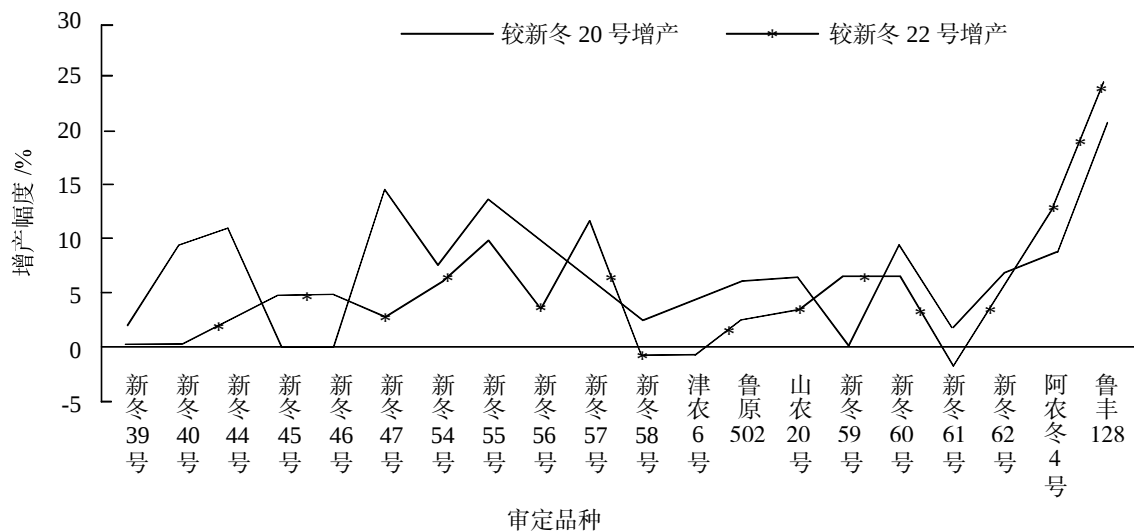


图2 审定品种较对照增产幅度

### 2.2 主要农艺性状

审定材料生育期在240~252 d,对照新冬20号生育期242.0 d、新冬22号生育期247.0 d。生育期较对照新冬20号短的品种有新冬40号、新冬44号、新冬45号3个品种;较对照新冬20号晚熟且较对照新冬22号早熟或相当的品种有新冬46号、新冬55号、新冬56号、津农6号、新冬59号、新冬

60号、新冬62号7个品种;其余品种生育期较对照新冬22号晚熟。年际间2013年审定的4个品种生育期最短,与早熟对照新冬20号相近;2018年审定品种生育期最长。

20个审定品种平均株高78.0 cm,较对照新冬20号高5.5 cm;2016年审定品种的株高变幅最大,2018年审定品种的平均株高最低,为74.8 cm。穗粒数

平均 39.5 粒 / 穗,较新冬 20 号少 2.9 粒 / 穗,2012 年审定品种平均穗粒数最多,为 42.7 粒 / 穗,且变幅最小。平均千粒质量 45.1 g, 对照新冬 20 号为 43.7 g,

2012 年和 2018 年审定品种平均千粒质量均为 47.5 g, 且千粒质量变幅最小,为 0.8 g(表 2)。

表 2 审定品种生育期及部分农艺性状

| 年份           | 审定品种数 / 个 | 生育期 /d      | 株高 /cm      | 穗粒数 /(粒 / 穗) | 千粒质量 /g    |
|--------------|-----------|-------------|-------------|--------------|------------|
| 2012         | 2         | 246.0 ± 6.0 | 80.1 ± 1.3  | 42.7 ± 0.1   | 47.5 ± 0.8 |
| 2014         | 4         | 243.5 ± 4.0 | 82.6 ± 7.6  | 39.1 ± 4.1   | 42.3 ± 1.5 |
| 2015         | 4         | 247.0 ± 2.5 | 76.0 ± 1.8  | 37.7 ± 1.4   | 45.7 ± 3.5 |
| 2016         | 8         | 247.5 ± 1.5 | 76.9 ± 10.1 | 39.7 ± 3.5   | 45.1 ± 1.7 |
| 2018         | 2         | 250.5 ± 1.5 | 74.8 ± 4.1  | 40.4 ± 2.1   | 47.5 ± 0.8 |
| 平均           |           | 246.8 ± 6.0 | 78.0 ± 11.1 | 39.6 ± 7.3   | 45.1 ± 4.3 |
| 新冬 20 号(CK1) |           | 242.0       | 72.5        | 42.4         | 43.7       |
| 新冬 22 号(CK2) |           | 247.0       | 91.5        | 37.4         | 49.8       |

### 2.3 审定品种抗病性

南疆冬麦区小麦主要病害为白粉病和叶锈病,且发生较轻,不同年份间偶尔暴发,未见大面积发

生。20 个审定品种中,白粉病抗性表现为高抗的品种 19 个,占比 95%。叶锈病抗性表现为高抗的品种 13 个,占比 65%;中抗的品种 6 个,占比 30%(表 3)。

表 3 审定品种白粉、叶锈病抗性

| 品种      | 白粉病 | 叶锈病 | 品种      | 白粉病 | 叶锈病 |
|---------|-----|-----|---------|-----|-----|
| 新冬 39 号 | 中抗  | 高抗  | 新冬 58 号 | 高抗  | 高抗  |
| 新冬 40 号 | 高抗  | 中抗  | 津农 6 号  | 高抗  | 高抗  |
| 新冬 44 号 | 高抗  | 中抗  | 鲁原 502  | 高抗  | 高抗  |
| 新冬 45 号 | 高抗  | 中抗  | 山农 20 号 | 高抗  | 高抗  |
| 新冬 46 号 | 高抗  | 高抗  | 新冬 59 号 | 高抗  | 高抗  |
| 新冬 47 号 | 高抗  | 中感  | 新冬 60 号 | 高抗  | 高抗  |
| 新冬 54 号 | 高抗  | 中抗  | 新冬 61 号 | 高抗  | 高抗  |
| 新冬 55 号 | 高抗  | 高抗  | 新冬 62 号 | 高抗  | 高抗  |
| 新冬 56 号 | 高抗  | 中抗  | 阿农冬 4 号 | 高抗  | 高抗  |
| 新冬 57 号 | 高抗  | 高抗  | 鲁丰 128  | 高抗  | 中抗  |

### 2.4 审定品种加工品质

所有审定品种加工品质基本稳定,按照加工品质指标均划分为中弱筋类型的小麦。由表 4 可知,2012—2018 年审定品种的容重范围在 772.0~804.6 g/L, 平均值为 787.5 g/L; 粗蛋白含量范围在 13.1%~14.1%,平均值为 13.5%;湿面筋含量范围在 27.0%~32.6%, 平均值为 29.8%; 形成时间范围在 2.3~4.0 min, 平均值为 3.0 min; 稳定时间范围在 1.9~7.7 min, 平均值为 3.8 min; 最大拉伸阻力范围为 115~363 E.U.,平均值为 211E.U.;面团延伸度范围在 141.4~191.7 min,平均值为 176.0 min。容重仅有鲁丰 128 超过对照新冬 20 号, 接近新冬 22 号;4 个品

种的粗蛋白含量超过新冬 20 号;16 个品种的湿面筋含量超过对照新冬 20 号;5 个品种面团的形成时间、稳定时间超过对照新冬 20 号,新冬 47 号面团稳定时间 13.2 min, 明显高于对照及审定的其他品种;有 4 个品种延伸度超过对照新冬 20 号,无品种超过对照新冬 22 号。

### 2.5 审定品种推广

审定的 20 个品种中, 有 10 个为新疆育种家(包括北疆部分育种家)通过各种育种技术选育的新品种;另 10 个品种为黄淮及相应麦区引进的品系。10 个自育品种中,有 5 个品种得以推广,新冬 40 号在和田地区被作为林果下主推品种;新冬 55 号

作为南疆一熟区主要品种,2021 年打破南疆冬小麦高产纪录;新冬 60 号分别于 2019 年、2021 年 2 度打破南疆早熟小麦高产纪录,被喀什、阿克苏、克州 3 地州定为主推品种(图 3)。

通过审定的 20 个品种中,有 6 个品种在区域内得到较大面积推广种植。其中自育的 5 个新品种年播种面积为 16.3 万  $\text{hm}^2$ ;新冬 40 号年种植面积

2.7 万  $\text{hm}^2$ ,新冬 55 号年播种面积 6.0 万  $\text{hm}^2$ ,新冬 60 号作为主推品种在南疆 3 地州播种面积 6.7 万  $\text{hm}^2$ ;新冬 57 号、新冬 62 号 2 个品种年播种面积达到 0.4 万  $\text{hm}^2$  及以上。自育审定品种种植面积占区域小麦面积的 32.1%。10 个引进品种中,仅有新冬 46 号年推广面积达 0.5 万  $\text{hm}^2$ ,仅占区域小麦面积的 1.2%(表 5)。

表 4 不同年份间审定品种品质状况

| 年份           | 容重 /<br>(g/L) | 粗蛋白(干基)<br>含量 /% | 湿面筋<br>含量 /% | 形成时间 /<br>min | 稳定时间 /<br>min | 最大拉伸<br>阻力 /E.U. | 面团延伸度 /<br>mm |
|--------------|---------------|------------------|--------------|---------------|---------------|------------------|---------------|
| 2012         | 788.8 ± 2.9   | 14.0 ± 0.2       | 27.0 ± 0.2   | 2.5 ± 0.0     | 2.1 ± 0       | 115 ± 0          | —             |
| 2014         | 772.0 ± 5.0   | 14.1 ± 1.6       | 30.2 ± 0.4   | 4.0 ± 0.5     | 7.7 ± 5.5     | 363 ± 23         | 191.7 ± 13.3  |
| 2015         | 787.5 ± 12.5  | 13.1 ± 0.9       | 30.1 ± 4.9   | 2.3 ± 0.7     | 1.9 ± 0.6     | 131 ± 51         | 183.3 ± 25.3  |
| 2016         | 784.7 ± 15.7  | 13.4 ± 0.7       | 32.6 ± 3.8   | 2.4 ± 1.4     | 2.4 ± 2.1     | 188 ± 96         | 141.4 ± 29.6  |
| 2018         | 804.6 ± 4.6   | 13.1 ± 0.5       | 29.3 ± 0.5   | 3.8 ± 0.8     | 4.7 ± 0.1     | 256 ± 19         | 187.5 ± 17.5  |
| 平均值          | 787.5 ± 17.1  | 13.5 ± 0.6       | 29.8 ± 2.8   | 3.0 ± 1.0     | 3.8 ± 1.7     | 211 ± 152        | 176.0 ± 34.6  |
| 新冬 20 号(CK1) | 809.0         | 14.0             | 29.6         | 2.2           | 2.0           | 103              | 194.0         |
| 新冬 22 号(CK2) | 810.0         | 12.6             | 26.7         | 4.3           | 2.6           | 232              | 213.0         |

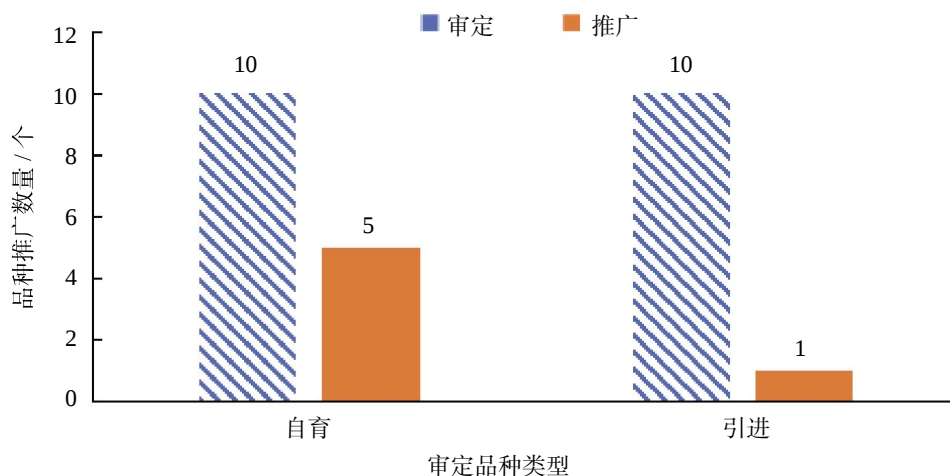


图 3 审定品种推广

表 5 审定品种推广面积及区域

| 序号  | 品种      | 种植面积 / 万 $\text{hm}^2$ | 推广地          |
|-----|---------|------------------------|--------------|
| 1   | 新冬 40 号 | 2.7                    | 和田、克州        |
| 2   | 新冬 46 号 | 0.5                    | 喀什           |
| 3   | 新冬 55 号 | 6.0                    | 阿克苏          |
| 4   | 新冬 57 号 | 0.5                    | 喀什           |
| 5   | 新冬 60 号 | 6.7                    | 喀什、阿克苏、克州    |
| 6   | 新冬 62 号 | 0.4                    | 和田           |
| CK1 | 新冬 20 号 | 24.0                   | 喀什、和田、阿克苏、克州 |
| CK2 | 新冬 22 号 | 10.0                   | 喀什、阿克苏、克州    |
| 合计  |         | 50.8                   | 喀什、和田、阿克苏、克州 |

### 3 讨论

#### 3.1 审定品种产量水平

2009—2018年南疆麦区小麦审定品种生育期内温度适宜、湿度小、温差大,有利于光合产物积累,因此南疆麦区的高产潜力上限较高。2009—2018年间南疆共审定冬小麦新品种20个,审定品种的产量水平普遍集中在 $6\,750\sim 7\,500\text{ kg/hm}^2$ ,较当地小麦平均增产30%( $1\,500\text{ kg/hm}^2$ )以上。新冬55号、新冬60号2个品种3次打破区域高产纪录,最高水平达到 $12\,605.1\text{ kg/hm}^2$ ,区域小麦生产水平达到国内黄淮麦区的高产水平。一系列数据反映,近年来的品种审定工作为区域内冬小麦品种的更新换代与小麦产业的发展提供了良好的支撑<sup>[13]</sup>。

#### 3.2 突破性品种审定

10年间针对南疆小麦产业发展审定的部分品种具有不同的生产应用特性。新冬40号耐弱光性好,适合在果粮间作模式林下种植,目前已被和田地区作为果粮间作林下小麦主栽品种推广;新冬46号灌浆后期灌浆速率高,能有效躲避干热风;新冬47号耐盐性突出;新冬55号单产水平高,创造南疆小麦单产纪录;新冬57号籽粒质量大,适合在高热量地区种植;新冬60号丰产性好,加工品质突出。

南疆麦区冬小麦生育期关系到麦后复播作物的成熟情况,生育期直接决定审定品种可推广的潜能,因此,南疆冬麦区也是新疆地区品种审定中生育期要求最严格的区域。2009—2018年间审定品种尚无明显较新冬20号早熟的品种,早熟品种选育有待进一步突破。但随着南疆麦区高标准农田的普及,农业机械化、智能化程度的提高,复播作物免耕直播技术、麦黄水一水两用等栽培技术的推广,冬小麦生育期逐渐放宽,较主推品种晚熟1周左右的品种对麦后复播作物熟期的影响逐渐降低,推广潜力也逐渐提升。

受自然环境的影响,南疆麦区在品质区划中为主要的中弱筋麦区<sup>[5,14]</sup>,审定品种加工品质普遍集中在中弱筋水平,较对照新冬20号部分品种加工品质有所提升,但未达到新冬22号的整体水平。

#### 3.3 引进与选育品种审定

10年间南疆冬小麦审定品种表现多元化,引进品种参加区试并通过审定的比例逐年提升,占审定品种的50%,但引进品种在审定后推广比例明显较区域内育种家选育品种低,审定后得以推广的只有1个品种,占引进审定品种的10%,而自育审定品种

得以推广的品种占自育审定品种的50%。

引进品种难以推广主要有2方面原因:一是引进品种类型与南疆区域特点不符,不能大范围推广种植,建议引进品种前多开展调研,品种引进后参加区域审定试验前,最少开展2年多点引种试验,严格评价引进品种在区域内种植的应用价值与适应性,避免出现因前期引种工作不到位造成审定后推广受阻的局面;二是品种审定后转化企业推广力度不够(如审定期间表现优异的山农20号),而未能及时推广,建议品种分区域转化,集中区域内推广力量加强推广优秀品种。

### 4 结论

2009—2018年间,南疆先后审定冬小麦品种20个,包括新冬55号、新冬60号等南疆冬小麦产区高产且具有推广潜力的品种,也包括新冬40号、新冬46号、新冬57号等具有不同生产特点、可在局部区域有推广潜力的品种,分别从不同角度填补了区域小麦生产的品种基础,为后续品种选育积累了材料与选育经验。但在涉及南疆农业产业结构的早熟品种审定方面无新进展,暂无生育期短于新冬20号的品种通过审定,早熟品种审定仍需进一步调整;审定品种加工品质暂无较大进展;引进品种审定后难以推广。后续应明确引种目标,严格考察品种适应性,并在转化中加强合作,加大对引进优良品种的推广力度。

### 参考文献:

- [1] 韩琳琳,侯传伟,高伟,等. 2020年国审黄淮冬麦区南片小麦品种审定情况及特征特性分析[J]. 种业导刊,2022(6): 17-21.
- [2] 王瑛,孙宇彤,上官彩霞,等. 2005—2020年黄淮冬麦区审定小麦品种产量及相关性状演变分析[J]. 江苏农业科学,2022,50(18):221-227.
- [3] 张香粉,袁晓春,贾文华,等. 2016—2021年河南省小麦品种审定和推广情况分析[J]. 种业导刊,2022(2):3-5.
- [4] 董策,李炎艳,张希太,等. 2013—2021年河北省审定小麦品种产量及农艺性状分析[J]. 山东农业科学,2022,54(5):24-29.
- [5] 张笑晴. “十三五”期间我国小麦品种试验审定工作的改革发展与成效[J]. 中国种业,2021(12):21-23.
- [6] 邱军. 长江中下游冬麦区国家小麦品种区试审定与品种推广[J]. 浙江农业科学,2015,56(5):616-620.
- [7] 英敏,余虎. “十一五”贵州小麦区试结果分析与评价[J].

- 种子,2012,31(5):101–102.
- [8] 相吉山,穆培源,桑伟,等. 2008—2009年度新疆冬小麦区试新品系品质分析与评价[J]. 新疆农业科学,2011,48(9):1585–1591.
- [9] 张羽丰,谢付振,牛聪聪,等. 黄淮麦区品种审定情况及品质分析[J]. 中国种业,2023(4):47–50.
- [10] 张胜全,叶志杰,任立平,等. “十五”以来我国杂交小麦审定品种分析[J]. 作物杂志,2022(1):38–43.
- [11] 李爱国,宋晓霞,张文斐,等. 2001—2020年河南省审定小麦品种育种特点及表型性状演变分析[J]. 麦类作物学报,2021,41(8):947–959.
- [12] 曹廷杰,杨剑,胡卫国,等. 2011—2020年河南省审定小麦品种抗病性评价[J]. 中国植保导刊,2021,41(6):62–65,83.
- [13] 吴新元,芦静,李冬,等. 新疆不同类型冬小麦品种品质性状的生态变异[J]. 新疆农业科学,2010,47(2):274–280.
- [14] 左联忠,王彩萍,杨文龙,等. 优质高产杂种冬小麦品种选育途径探讨[J]. 华北农学报,2002,17(增刊):108–110.

## Analysis of Characteristics and Promotion of Approved Wheat Varieties in Southern Xinjiang During 2009—2018

FAN Guiqiang<sup>1</sup>, FANG Hui<sup>1</sup>, DING Yindeng<sup>1</sup>, YUSUFU Saidula<sup>2</sup>, GAO Yonghong<sup>1</sup>, HUANG Tianrong<sup>1</sup>, ZHOU Yan<sup>3</sup>, ZHANG Yeting<sup>3</sup>, ZHANG Yangjun<sup>4</sup>, SHANG Yawei<sup>3</sup>, LIU Mei<sup>3</sup>

(1. Research Institute of Grain Crops, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Urumqi 830091, China; 2. Xinjiang Uygur Autonomous Region Seed Industry Development Center, Urumqi 830006, China; 3. Zepu Agricultural Technology Extension Center, Zepu 844800, China; 4. Melon, Vegetable and Fruit Industry Development Center of Shache County, Shache 844700, China)

**Abstract:** The study clarified the characteristics of the varieties approved in the regional trials of winter wheat in southern Xinjiang since the new century, in order to provide a reference for the approval and introduction of varieties in the region. Based on the varieties that participated in the South Xinjiang regional trial of the autonomous region and approved from 2009 to 2018, the yield, some agronomic characters, disease resistance and popularization were analyzed. The result showed that yield per unit area of varieties approved in the past decade was concentrated at 450~500 kg/hm<sup>2</sup>, and the yield of the approved varieties increased significantly compared with the control variety. In terms of agronomic traits, there are extra early maturing varieties compared with the control Xindong No.20. The plant height and 1 000-grain weight of the approved varieties are higher than those of the control Xindong No.20, and the number of kernel per spike and volume weight are lower. Six varieties were popularized after approval. The annual planting area of two varieties exceeded 60 000 hm<sup>2</sup>, and the annual planting area of one variety reached 67 000 hm<sup>2</sup>. The promotion of introduced and approved varieties is low, and it is necessary to introduce varieties based on regional needs to increase the contribution of introduced varieties to regional industrial development. The variety approval process has been basically completed, but the quality indicators need to be further optimized.

**Key Words:** Winter wheat; New variety; Agronomic character; Promotion

### ·研究简讯·

### 中德大麦研究国际协作迈上新台阶!

2024年4月23—24日,中国农业科学院作物科学研究所与德国莱布尼茨植物遗传与作物育种研究所(IPK)联合主办的“大麦对气候多样性的适应机制学术研讨会暨国际大麦适应性学术报告会”在北京召开。会议旨在交流大麦基因组学与环境适应性相关研究的前沿进展、共商成果共享与持续推进事宜,宣传并交流中德联合承担的“群体基因组学解析大麦环境适应性规律”合作项目。

作物科学研究所所长周文彬表示,该所与德国莱布尼茨植物遗传与作物育种研究所(IPK)在大麦科技研究方面有良好的合作基础,近年来双方围绕种质资源研究与利用、生物信息学、基因组学技术等领域发表了多项研究成果。这些研究成果有效地带动了我国大麦基础研究的发展,提高了我国大麦研究群体的国际影响力。希望双方在此基础上不断深化合作,共同推动全球大麦研究高水平发展。

会上,德国国家科学院院士 Maria von Korff 教授、澳大利亚国家科学院院士李承道教授、作物所刘录祥研究员、杨平研究员等国内外 25 位专家围绕野生大麦、栽培大麦及大麦属野生物种的基因组与泛基因组研究、种质库资源的深入研究与充分利用、大麦突变体库资源的深入研究等方面做了专题报告。

本次大会将有助于加强中德双方在大麦学术研究和产业应用等方面的交流与合作,助力国际大麦研究协作再上新台阶!

信彩云,马 惠,董红云,等. 2000—2021 年山东省水稻生产变化分析[J/OL]. 大麦与谷类科学,2024,41(2):49–56. <https://doi.org/10.14069/j.cnki.32-1769/s.2024.02.010>.

## 2000—2021 年山东省水稻生产变化分析

信彩云,马 惠\*,董红云,刘奇华,赵庆雷

(山东省农业科学院湿地农业与生态研究所,山东 济南 250100)

**摘要:**根据 2000—2021 年的山东省水稻种植面积、单位面积产量和总产量的统计数据,分析探讨山东省滨湖稻区、库灌稻区、沿黄稻区 3 大稻区近年来水稻生产的变化特征。数据表明,山东省水稻种植面积、稻谷总产量与全国相比,比重较小。山东水稻具有单位面积产量优势,近 20 多年一直高于全国水稻单位面积产量的平均水平,最高时是全国平均单位面积产量的 1.38 倍。对 3 大稻区的水稻种植面积、单位面积产量和总产量的数据分析表明,山东水稻生产在保持较高的单位面积产量和稻米品质提升方面潜力巨大。可通过科学种植、改善水利设施等一系列措施稳定水稻种植面积,增强稻谷加工能力,延长稻米产业链,以推动山东水稻生产的发展。

**关键词:**水稻生产;山东省;发展趋势

**中图分类号:**S511

**文献标志码:**B

**文章编号:**1673-6486-20230263

水稻是我国的主要粮食作物,稻谷的产量占粮食总产的 30%以上<sup>[1]</sup>。全国的稻区可以划分为 6 个稻作区和 16 个亚区<sup>[2-3]</sup>,水稻种植分布区域以南方为主。近年来,我国水稻生产逐步向长江中下游和黑龙江水稻产区集中。

山东省位于我国东部沿海,地处黄河的下游、京杭大运河的中北段,属于暖温带季风气候类型,适宜水稻的种植。山东省水稻属于华北单季稻稻作区的黄淮平原亚区,种植区域主要分布在济宁、临沂、日照、枣庄、济南、东营、菏泽、滨州 8 个地市<sup>[4-5]</sup>,主要是沿河湖及涝洼地分布,以粳稻为主。根据稻区主要的灌溉水源可以划分为滨湖稻区、库灌稻区及沿黄稻区 3 大稻区<sup>[6]</sup>,3 大稻区面积占全省的 97%以上,生产优质粳稻。山东水稻米质优,单位面积产量水平高,尤其是在湖洼地带、沿黄(河)地区和滨海盐碱区域,水稻作为一种重要的生态作物,具有区域不可替代性,有着其他作物无法替代的优势。

关于水稻生产方面的研究,前人做过大量的分

析<sup>[7-10]</sup>。王恒等基于稻谷主产区分析了生产率的地域和时空的差异,建议加强对稻谷产业的重视,加大对农业科研的研发力度,延长稻米的产业链<sup>[11]</sup>。程式华就水稻育种的百年发展历史进行了分析与展望<sup>[12]</sup>。罗万琦等就主要稻区的灌溉需求以及规律进行了详细的分析<sup>[13]</sup>。钟甫宁等就水稻生产的布局变动进行了分析研究,指出水稻生产的布局已经开始出现变动,由最初集中在南方、东部的区域开始向北方、西部地区进行转移<sup>[14-16]</sup>。钟甫宁等指出,各地区的水稻生产的净收益与替代作物净收益之间的差异是导致不同区域水稻种植面积发生变化的根本原因<sup>[14]</sup>。王紫露研究表明,水稻生产布局的变化与水稻碳足迹大小的分布是一致的,这在一定程度上也推动了水稻产业的碳减排,但是没有从根本上减少水稻温室气体的排放<sup>[15]</sup>。陈文佳主要构建了水稻生产布局的空间计量经济模型,从省域的层面对水稻生产进行了分析<sup>[16]</sup>。以上研究多立足于大尺度、大空间对水稻的生产布局及变迁进行的系统研究。

针对山东水稻生产的相关研究较少,主要集中在稻作发展历史<sup>[17]</sup>、种植方式<sup>[18]</sup>、品种演变<sup>[6]</sup>和机械化现状<sup>[19]</sup>等方面,其中对品种特性和育种历程的总结分析较多。对山东水稻的研究多以主要稻区为研究对象,主要集中在库灌稻区<sup>[20]</sup>、滨湖稻区<sup>[21]</sup>和沿黄稻区<sup>[22]</sup>,或某一稻区的某个城市,如临沂<sup>[23]</sup>、济宁<sup>[24]</sup>、济南<sup>[25]</sup>。李绍静等曾就山东 3 大稻区 2000—2014 年间的水稻生产变化特征进行系统的梳理,认为工业

收稿日期:2023-10-27;修回日期:2024-04-07。

基金项目:山东省自然科学基金(ZR2018LC013);山东省农业科技创新工程项目(CXGC2023B01)。

作者简介:信彩云(1983—),女,博士,助理研究员,主要从事水稻栽培研究。Email: yun.come2004@126.com。

\* 通信作者:马 惠(1981—),女,博士,副研究员,主要从事水稻绿色生产技术研究。Email: mahui8.18@163.com。

化和城镇化进程的加快是导致水稻种植面积大幅度减少的主要因素<sup>[4-9]</sup>。近年来,针对山东省各地市水稻生产的格局变化还缺乏较为系统的分析研究。

本文根据山东省 2000—2021 年间水稻生产的统计数据,对山东省及各地市近年来水稻生产布局的变化进行了详细的研究分析,以便更加直观地了解山东水稻生产的具体情况,为水稻生产与研究者提供详实的分析结果,同时为山东省水稻生产的可持续发展提供理论参考。

## 1 研究方法

### 1.1 数据来源

本研究针对山东省水稻生产相关的统计数据进行了汇总分析,相关数据主要来源于《山东省统计年鉴》(2001—2022)。

### 1.2 数据分析方法

本研究使用 Excel 2019 对相关生产数据进行汇总统计并绘制图形。采用数理统计、回归分析的研究方法,就山东省 2000—2021 年间水稻生产(水稻种植面积、单位面积产量和总产量)的变化,用更加直观的图、表形式呈现山东省及主要稻区水稻生产布局 and 变化特征。

## 2 结果与分析

### 2.1 山东省水稻生产在全国中的比重

2000—2021 年间,山东省水稻种植面积在全国水稻种植面积的比重较小,比重维持在 0.29%~0.39%(图 1、图 2)。因此,水稻的总产量在全国的比重也类似,占全国水稻总产量的比重较小,最低时为 0.42%,最高时也仅为 0.63%。从图中可以看出,山东水稻种植面积的比重和产量比重都表现出了相似的趋势,在 2003 年出现了一次小幅回落,之后一直在稳定发展。山东省水稻的单位面积产量较高,近 20 多年一直高于全国水稻单位面积产量的平均水平,最高时是全国平均单位面积产量的 1.38 倍。

2000 年以来,随着国家产业结构的升级调整,同时受灌溉水资源的制约,一部分水稻田改种玉米、蔬菜等需水量较少的作物,造成了稻田种植面积减少。此外,稻区农业的基础设施建设陈旧,灌溉能力下降的问题也比较突出。山东省水稻由于种植面积较少,且分布零散,种植机械化程度推广较慢,在 2009 年济阳县引进了第一台乘坐式水稻插秧机,

此后才开始了水稻插秧的机械化发展。总之,由于受作物茬口影响、引黄灌溉及农户稻田分散等因素制约,水稻机械化水平整体还比较低,因此,山东稻区的种植面积和总产量占全国比重较低,且表现为下降的趋势。山东地区的气候条件适宜水稻生产,尤其自 2005 年以来,山东各级科研院所和单位对水稻基础研究的持续开展,促进了对水稻品种的选育和推广应用。目前,山东推广应用的品种主要为常规粳稻。科学技术的持续研究在培育优质、抗逆水稻品种等方面也显示出较好的应用前景,为山东水稻的单位面积产量优势提供了科技保障。因此,山东水稻单位面积产量水平一直高于全国的平均水平。

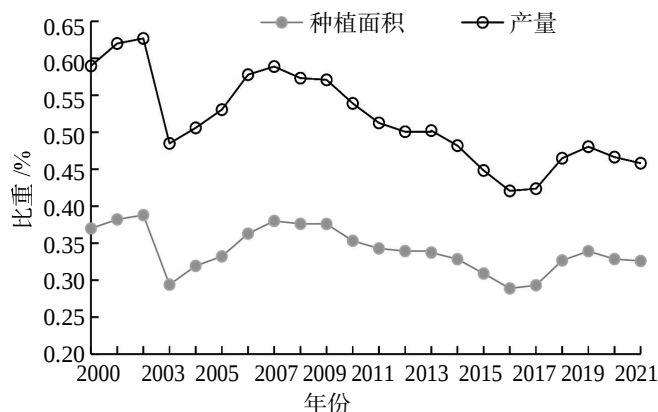


图 1 山东省水稻种植面积和产量占全国的比重

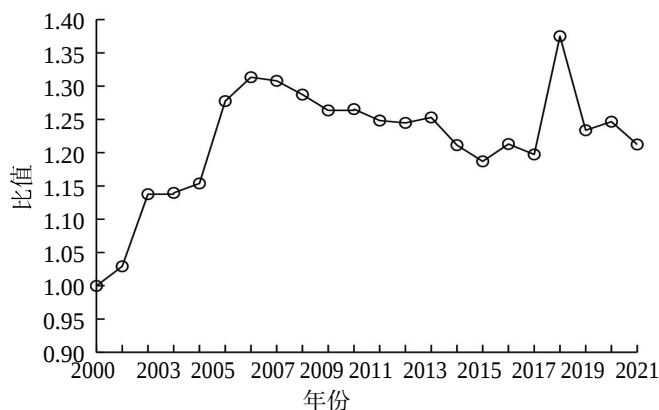


图 2 山东省水稻单产与全国平均单产的比值

### 2.2 水稻种植面积

**2.2.1 山东省水稻种植面积变化。**山东省水稻总的种植面积由 2000 年的 17.67 万  $\text{hm}^2$  降至 2016 年的 10.67 万  $\text{hm}^2$ ,截至 2021 年底,种植面积下降了 36%。

根据图 3 中的数据统计,应用回归分析拟合了一条曲线,建立了水稻种植面积与时间的一元四次多项式模型,种植面积的预测模型为:

$y=0.000\ 6\ x^4-0.031\ 2\ x^3+0.537\ 1\ x^2-3.758\ 1\ x+21.635$ 。模型显示：山东省 2000—2021 年间的水稻种植面积与年份间存在较为显著的负相关,  $R^2=0.846\ 7$ , 表明, 虽然近 20 多年来山东省水稻种植面积波动较大, 但是整体上表现出显著下降的趋势。此变化趋势与李邵静等的研究结果<sup>[4-5]</sup>类似, 区别在于, 横轴的时间拉长后, 变化的趋势更加明显, 相关系数的值更大。

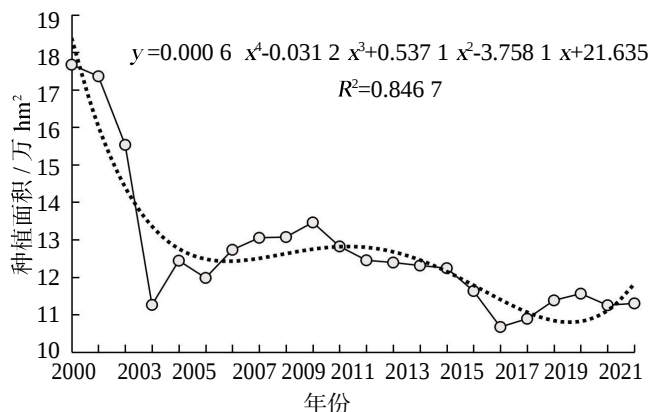


图 3 山东省 2000—2021 年水稻种植面积变化

**2.2.2 主要稻区种植面积变化。**滨湖稻区以微山湖为主要水源进行灌溉, 包括济宁、枣庄; 库灌稻区是以水库为主要水源进行灌溉的地区, 包括临沂、日照; 沿黄稻区以黄河水源为主进行水稻灌溉, 包括沿黄河的济南、东营、菏泽和滨州。对主要稻区历年水稻种植面积进行分析, 如图 4 所示, 主要稻区的种植面积在逐年下降, 其中: 库灌稻区的下降幅度最大, 为 47.2%; 其次是沿黄稻区, 为 33.5%; 滨湖稻区的下降面积相对最小, 为 21.9%。2003 年主要稻区水稻种植面积急剧下降, 这主要是由于工业化和城镇化进程的推进, 加之农业种植结构的调整, 水稻的种植面积减少较多。2004 年, 国家出台了一系列的免除农业税、粮食补贴等农业相关的政策, 主要稻区的水稻面积开始有所回升, 其中, 滨湖稻区水稻种植面积回升幅度最大, 沿黄稻区变化不大。山东稻区水稻种植面积在 2003—2004 年度的变化趋势与江苏省稻区种植面积<sup>[26-27]</sup>的变化是相似的。2003 年与 2004 年水稻种植面积的变化表明, 山东水稻的种植面积受政策和大环境的影响波动较大。

如表 1 所示, 与 2000 年相比, 2021 年山东省各地市的水稻种植面积变化较大。数据统计表明, 与 2000 年相比, 2021 年有 11 个地市的水稻种植面积是减少的, 其中, 减少最多的是济南、淄博、德州、聊城。

德州 2000 年水稻种植面积还有 900 hm<sup>2</sup>, 到 2021 年统计时已不足 1 hm<sup>2</sup>。可以看出, 水稻种植面积减少的地市主要集中在沿黄稻区, 2000 年以来, 黄河水资源的时空分布差距较大, 且灌溉水资源一直处于短缺状态, 而水稻是对灌溉水量需求较大的作物, 因此, 种植面积受影响较大。青岛、东营、烟台、潍坊和威海 5 个地市在 2021 年的水稻种植面积都有不同程度的增加。青岛、烟台、潍坊、威海 2021 年的水稻种植面积均增加 1 倍以上, 其中, 威海的水稻种植面积增幅最大, 在 2000 年时水稻种植面积不足 1 hm<sup>2</sup>, 到 2021 年种植面积为 621 hm<sup>2</sup>。

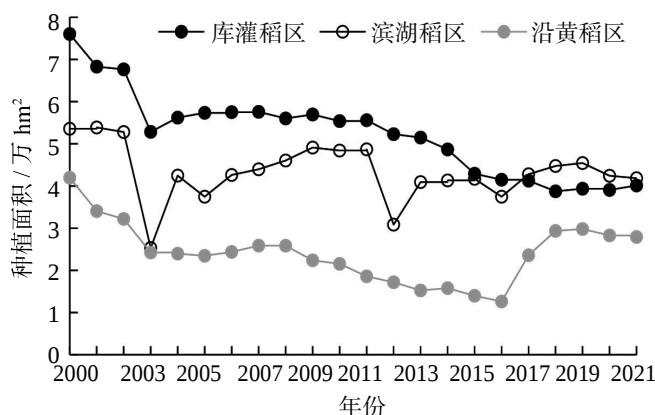


图 4 山东省 2000—2021 年主要稻区种植面积变化

**2.2.3 主要稻区种植面积比重变化。**从各稻区的水稻种植面积占全省比重来看, 库灌稻区比重下降较为明显, 滨湖稻区和沿黄稻区的比重均在上升。如图 5 所示, 库灌稻区比重从 2000 年的 43.01% 下降到 2021 年的 35.49%, 下降了 17.48%。滨湖稻区的比重从 2000 年的 30.31% 上升到 2021 年的 37.02%, 上升幅度为 22.14%。沿黄稻区所占比重也有所上升, 从 2000 年的 23.75% 上升到 2021 年的 24.70%, 稳中有升。

数据表明, 20 多年来, 山东省主要稻区的水稻种植面积变化差异明显。沿黄稻区水稻种植面积从 2000 年开始逐渐下降, 其中, 2017、2018 年出现回升, 2019 年后趋于稳定, 属于相对稳定地区。库灌稻区水稻种植面积变化较大, 在 2003 年和 2012 年有 2 次大幅上升, 在 2014 年和 2017 年之后迅速下降, 截至 2021 年稻区面积占比下降近 8 个百分点, 属于下降地区。滨湖稻区则正好相反, 在 2003 年和 2012 年这 2 年面积占比下降明显, 之后稳步回升, 截至 2021 年稻区面积占比上升逾 7 个百分点。总体上, 3 大稻区的水稻种植面积除了个别年份有波动之外, 整体上趋于稳定。

表 1 山东各地市水稻种植面积变化

| 城市 | 2021 年种植面积 /hm <sup>2</sup> | 2000 年种植面积 /hm <sup>2</sup> | 2021 年与 2000 年比值 |
|----|-----------------------------|-----------------------------|------------------|
| 济南 | 806                         | 14 282                      | 0.056 4          |
| 青岛 | 426                         | 90                          | 4.733 3          |
| 东营 | 23 519                      | 17 490                      | 1.344 7          |
| 淄博 | 390                         | 2 258                       | 0.172 7          |
| 枣庄 | 1 803                       | 4 484                       | 0.402 1          |
| 烟台 | 133                         | 57                          | 2.333 3          |
| 潍坊 | 1 512                       | 160                         | 9.450 0          |
| 济宁 | 40 044                      | 49 086                      | 0.815 8          |
| 泰安 | 67                          | 207                         | 0.323 7          |
| 威海 | 621                         | —                           | ∞                |
| 日照 | 2 059                       | 11 190                      | 0.184 0          |
| 菏泽 | 3 046                       | 7 159                       | 0.425 5          |
| 临沂 | 38 062                      | 64 837                      | 0.587 0          |
| 德州 | —                           | 900                         | —                |
| 聊城 | 7                           | 1 501                       | 0.004 7          |
| 滨州 | 546                         | 3 045                       | 0.179 3          |

注:2000 年威海种植面积不足 1 hm<sup>2</sup>,2021 年德州种植面积不足 1 hm<sup>2</sup>。

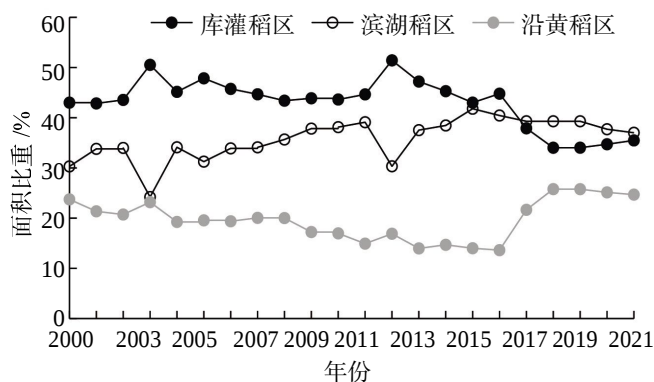


图 5 山东省 2000—2021 年主要稻区  
水稻种植面积占省总面积的比重

## 2.3 水稻单位面积产量

**2.3.1 山东省水稻单位面积产量变化。**山东省水稻单位面积产量 20 多年来呈现为稳步提高的趋势。如图 6 所示,2002—2006 年间水稻单位面积产量稳步上升,随后趋于平缓,2018 年水稻单位面积产量达到历年以来最高点 9 661 kg/hm<sup>2</sup>,随后降至 2019 年的 8 709 kg/hm<sup>2</sup>,又开始稳步发展。总体上,山东省水稻单位面积产量在种植面积下降的趋势下,

除 2003、2004、2014、2015、2016、2017 年份单位面积产量降低较明显外,整体上呈现出稳步上升的趋势。根据图中的统计数据,通过回归分析,建立了水稻单位面积产量与时间的一元四次多项式模型,单位面积产量的预测模型为: $y=-0.0259x^4+2.1164x^3-58.128x^2+689.89x+5364.3$ 。水稻单位面积产量与年份间存在显著正相关, $R^2=0.8552$ ,表明 22 年来水稻单位面积产量整体上表现为上升趋势。

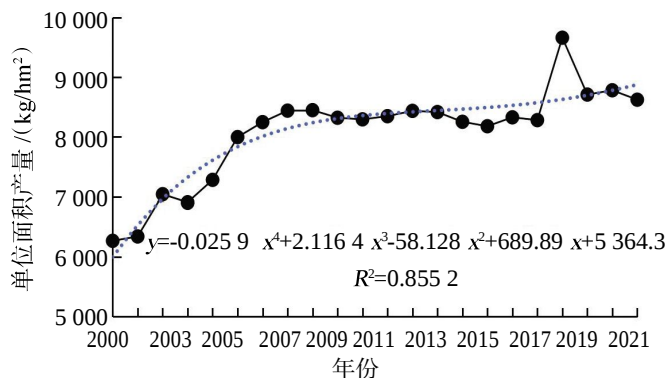


图 6 山东省 2000—2021 年水稻  
单位面积产量变化

**2.3.2 主要稻区单位面积产量变化。**与 2000 年相比,2021 年各稻区的水稻单位面积产量变化各不相同(图 7)。除滨湖稻区外,库灌稻区和沿黄稻区的单位面积产量水平均提高,分别提高了 29.67%和 8.75%,滨湖稻区的水稻单位面积产量下降了 1.39%。库灌稻区和滨湖稻区的单位面积产量高于沿黄稻区。其中库灌稻区的单位面积产量开始一直处于稳定不上升的趋势,在 2021 年达到了历史最高,为 9 336 kg/hm<sup>2</sup>。沿黄稻区单位面积产量在 3 大稻区中一直处于相对较低的水平,且较稳定。滨湖稻区的单位面积产量波动较大,较明显的是在 2005 年单位面积产量下降幅度较大,为 5 306 kg/hm<sup>2</sup>,而在 2020 年水稻单位面积产量达到了 9 466 kg/hm<sup>2</sup>,

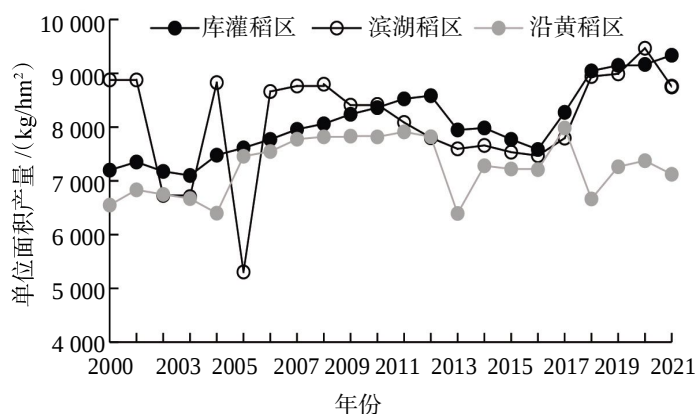


图 7 山东省 2000—2021 年主要稻区水稻平均单位面积产量变化

是历史上水稻单位面积产量的最高年份。

**2.3.3 主要稻区单位面积产量与省平均单位面积产量比值。**总体来看,22 年来,主要稻区的水稻单位面积产量水平总体上增幅明显,除了 2005 年的滨湖稻区、2013 年和 2018 年的沿黄稻区单位面积产量较低外,其余年份各稻区的单位面积产量平均水平有较大幅度的提高(图 8)。其中,滨湖稻区的单位面积产量年份间波动较大,尤其是 2000—2007 年间,最高时比值达到过 1.42,最低时比值为 0.66。库灌稻区的单位面积产量一直保持较大优势,且单位面积产量稳定。总之,随着生产技术的逐步推广,各稻区单位面积产量水平的差距在逐渐缩小,各稻区水稻单位面积产量表现出较强的均衡性。

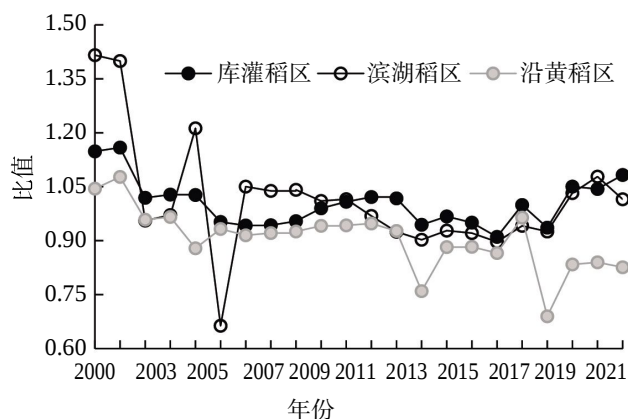


图 8 山东省主要稻区单位面积产量与全省水稻单位面积产量的比值变化

## 2.4 水稻总产量

**2.4.1 山东省水稻总产量变化。**如图 9 所示,2000—2021 年,山东省水稻的总产量总体呈现下降趋势,由 2000 年 110.8 万 t 下降至 2021 年的 97.5 万 t,下降了 12.00%。特别是在 2003 年,由于种植面积的大幅下降,水稻总产量也开始大幅度下滑,2003 年山东省水稻总产量仅为 77.9 万 t,与 2000 年相比,下降了 29.69%。2004 年山东省水稻总产量开始稳步回升,2016、2017 年全省水稻总产量又一次跃入低谷。2018 年开始,水稻总产量开始稳步回升。20 多年来,水稻总产量高低起伏,有 2 次较为明显的低谷,整体来看呈现出下降的趋势。

**2.4.2 主要稻区总产量变化。**近年来,库灌稻区、滨湖稻区和沿黄稻区的水稻总产量均有不同程度的下降(图 10),与 2000 年相比,2021 年分别下降了 29.45%、16.72%和 34.24%。其中,沿黄稻区水稻的

总产量下降最多,与沿黄稻区单位面积产量较低密切相关。滨湖稻区在 2003 年和 2012 年的总产量有 2 次大幅降低,与这 2 年的种植面积下降有关。

**2.4.3 主要稻区总产比重变化。**如图 11 所示,从主要稻区的水稻总产量占全省水稻总产量比重变化来看,3 大稻区的水稻总产占全省的比重均降低了,降幅各不相同。沿黄稻区占比下降最多,下降了 25.29%;库灌稻区的总产量占比下降了 19.84%;滨湖稻区总产量占比下降幅度最少,下降了 5.37%。主要稻区的水稻产量占比均下降,表明其余地市的水稻产量占比上升了。上升幅度较大的地市有:青岛市总产量由 2000 年的 836 t 增至 2021 年的 3 010 t,威海市由 2000 年的不到 1 t 增至 2021 年的 4 585 t。这与前面提到的水稻种植面积的变化是相对应的,水稻种植面积增加,相应的水稻总产量也增加。

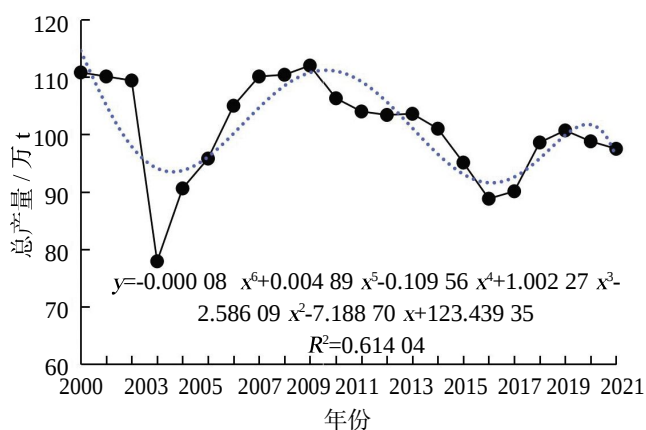


图 9 山东省 2000—2021 年水稻总产量变化

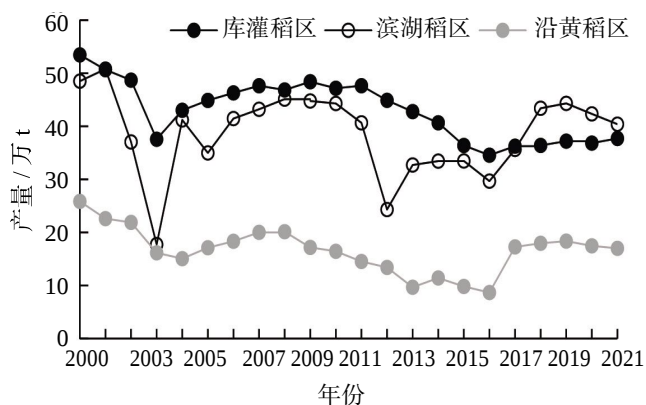


图 10 山东省 2000—2021 年主要稻区水稻总产量变化

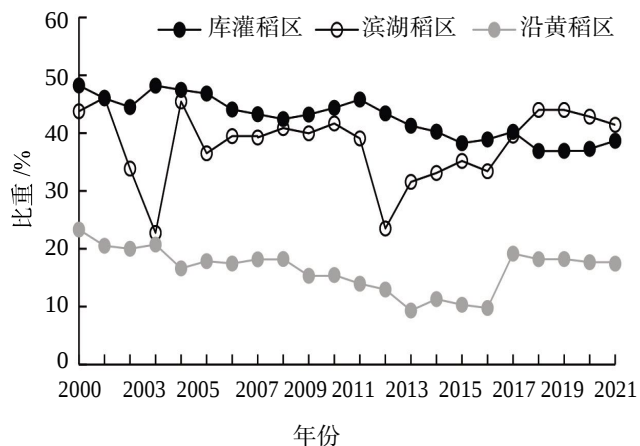


图 11 山东省 2000—2021 年主要稻区总产量占全省总产量的比重

### 3 山东水稻生产发展方向

水稻作为一种重要的粮食作物,还肩负着储水防洪、调节气候、人工湿地和改良土壤的生态功能。尤其是在山东,水稻还是一种生态适宜作物,具有其他作物无法替代的优势,山东水稻的种植面积在

近 5 年保持稳定也印证了这一点。一直以来,山东水稻都保持着较高的单位面积产量水平,也是山东稻区水稻生产的优势。建议对稻区水稻产业进行持续的政策支持,以稳定水稻的种植面积,保持水稻单位面积产量上升趋势。

#### 3.1 加强稻田基础设施建设,增强对自然灾害的抵御能力

近年来,受全球气候变化的影响,山东的灾害性天气频发,对基础农田和水利设施的要求也提出了较高的要求。当前,现存的灌溉水渠多是 20 世纪 60 年代修建的,水利基础设施老旧严重,抗灾能力差。尤其是在黄河三角洲地区,黄河经年河道下移、水位下降,造成引黄困难,灌溉能力下降,制约了稻区的发展。

沿黄稻区的水稻产量和播种面积下降幅度较大,主要原因是农田水利基础设施陈旧,加之部分稻田改种玉米、蔬菜等农作物,导致稻田面积进一步减少。水稻种植应搞好规划,以水定稻,统筹管理,启动抗旱节水措施,加强基础设施的维护和建设,新建的设施要充分考虑到现有农田的规模,提高稻区稳产抗灾的能力。

#### 3.2 加快推广栽培管理技术,实现农业机械化

由于城镇化的发展,大量劳动力流入城市,农业人口老龄化问题较为突出,人工插秧劳作强度大越来越难持续,人们种稻意愿逐年下降。稻农多根据个人的习惯,沿用传统的经验进行田间管理,没有固定的模式,随意性较大,对水肥的施用和病虫害防治不科学,且极易造成水资源的浪费,过量施用肥料,造成土壤氮、磷、钾的流失,肥料利用率下降,米质下降。病虫害的防治也多以化学防治为主且用量较高,绿色防控技术应用较少。此外,受作物的茬口、引黄灌溉的规划、稻田面积零散等现实因素影响,农业机械化的整体水平较低。

亟需加强稻田水肥生产技术、病虫害绿色防控技术等栽培管理技术的研究和推广,实现山东稻区水稻绿色生产的高效发展。济宁滨湖稻区在 2004 年开始引进机插秧种植,2012 年水稻盘育机插秧技术被列为山东省农业主推技术。此后,针对山东稻区全程机械化的研究和探索一直在开展,今后的研究还需结合麦茬时间、灌溉用水调度、稻区面积等因素进行综合研判,研制适宜山东稻区的机械化生产标准操作流程,并结合各类观摩会和研讨会的形式加大推广力度。

### 3.3 加强品种育种攻关,选育优良新品种

2000 年之前,山东水稻种植的品种主要是来自东北、南方以及日本的引进品种,还有零星的农家品种种植。引进的优良品种表现为品质优良,但是产量潜力较低,抗病性差,农家地方品种的品种特性也是参差不齐。此后,随着山东省科研实力的加强,自主培育的新品种逐渐成为当地主栽品种,主要有临稻系列、圣稻系列,还有一些地方香稻的衍生品种。育种科研工作者们在关注产量的同时也开始聚焦稻米品质、品种抗性等方面,开始关注品种结构的优化。水稻的品种培育工作正一步步地走向系统化、科学化的道路。

山东省气候条件适合优质米的生产,所产大米外观品质和加工品质均较好,且人文历史悠久,是国家农产品地理标志产品的集中地区。其中的明水香稻、黄河口大米、涛雒大米、姜湖贡米、东阿鱼山大米、鱼台大米、涛沟桥大米等,都是国家农产品地理标志产品。近年来选育的鲁香粳 2 号、圣香 301、圣稻 2572、圣稻 20 等的米质均为国标优质 1 级。建议加大科学技术的支持力度,深入挖掘本地稻种资源的优良特性,采用新技术、新手段进行辅助选择,继续选育并推广适宜本地生产的优良食味大米,为山东的水稻生产及品牌化建设提供稳定的品种支撑。

### 3.4 增强优质稻米生产基地建设,延长稻米产业链

山东稻区的种植面积较小,且分布零散,不利于规模化生产。应根据各地生产条件,在永久基本稻田的基础之上,积极建设高标准的稻米生产基地,生产和生态并重,提升抗灾能力。推行绿色高产优质的稻田科学管理技术体系,加快优良新品种、科学栽培管理技术和新型农业机械的落地与推广,在维护农田生态环境的基础之上,促进稻田生产的集约化发展。

此外,稻米加工企业规模小,设备陈旧,对小农户的带动作用小,且加工水平有限也是一个突出问题。尤其是一些小作坊的管理不规范,无序竞争导致压级压价,致使稻谷优质不优价的问题频繁出现,严重影响稻农的收入。因此,建议增强优质稻米生产基地的建设,确保加工稻米品种明确,质量稳定,以保证稻米产业链的健康发展。

山东稻米产业发展应结合乡村振兴战略和美丽乡村的建设,深入发掘稻作历史文化,将文化、生态、产业等资源有效整合,促进农旅融合的和谐发展。同时,加强稻米加工及功能性产品的开发研究,

加大优质高效生产技术的推广力度,推进稻米的品牌化、订单式等多元化经营,提高从业者的经济收益。

### 参考文献:

- [1] 中国水稻研究所,国家水稻产业技术研发中心. 2022 年中国水稻产业发展报告[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2022.
- [2] 梅方权,吴宪章,姚长溪,等. 中国水稻种植区划[J]. 中国水稻科学,1988,2(3):97-110.
- [3] 聂普璇. 基于 GF-6 卫星的红边波段对水稻种植区提取研究[D]. 武汉:武汉大学,2020.
- [4] 李绍静,王凯荣,丁效东. 山东省近 15 年水稻生产变化及影响因素研究[J]. 青岛农业大学学报(社会科学版),2018,30(1):1-6.
- [5] 李绍静. 山东省水稻产区生态评价与产量预测模型研究[D]. 长沙:湖南农业大学,2018.
- [6] 崔太昌,陈 峰,李华东,等. 山东省水稻产业发展现状与科技需求分析[J]. 山东农业工程学院学报,2015,32(6):24-26.
- [7] 张洪程,龚金龙. 中国水稻种植机械化高产农艺研究现状及发展探讨[J]. 中国农业科学,2014,47(7):1273-1289.
- [8] 梁玉刚,李静怡,周 晶,等. 中国水稻栽培技术的演变与展望[J]. 作物研究,2022,36(2):180-188.
- [9] 徐春春,闻军清,纪 龙,等. 中国水稻种业发展现状、问题与展望[J]. 中国稻米,28(5):74-78.
- [10] 邓 伟,张新明. 中国水稻种业发展历程研究[J]. 中国种业,2022(11):1-10.
- [11] 王 恒,高 鸣. 中国稻谷生产率的地域差异和时空分异——基于稻谷主产区的实证分析[J]. 中国农业科技导报,2020,22(2):1-11.
- [12] 程式华. 中国水稻育种百年发展与展望[J]. 中国稻米,2021,27(4):1-6.
- [13] 罗万琦,吕辛未,吴从林,等. 中国主要稻区水稻灌溉需求变化及其规律分析[J]. 节水灌溉,2021(12):1-7.
- [14] 钟甫宁,刘顺飞. 中国水稻生产布局变动分析[J]. 中国农村经济,2007(9):39-44.
- [15] 王紫露. 中国水稻产业布局变迁的经济和生态分析[D]. 杭州:浙江大学,2012.
- [16] 陈文佳. 中国水稻生产空间布局变迁及影响因素分析[D]. 杭州:浙江大学,2012.
- [17] 袁守江,李广贤,姜明松,等. 山东主要水稻品种演变及系谱分析[J]. 山东农业科学,2008,40(4):11-13.
- [18] 吴 修,杨连群,陈 峰,等. 山东省水稻生产现状及发展对策[J]. 山东农业科学,2013,45(5):119-125.
- [19] 杨百战,杨连群,杨英民. 山东水稻生产发展优势、存在问题及对策[J]. 中国稻米,2006,12(3):53-54.

- [20] 王世伟,张 华,张建达,等. 临沂库灌稻区稻米生产现状及发展对策[J]. 大麦与谷类科学,2023,40(1):62–66,70.
- [21] 任耀全,阮庆友,强玉芬,等. 济宁滨湖稻区中华稻蝗发生规律及综合防治研究[J]. 山东农业科学,1991,23(2):51.
- [22] 郭 涛,姜艳芳,王海凤,等. 山东沿黄稻区麦茬稻直播稻品种产量和品质特性的研究[J]. 安徽农业科学,2021,49(17):30–32,36.
- [23] 刘延刚,刘丽娟,刘德友,等. 临沂市水稻生产现状及可持续发展对策[J]. 山东农业科学,2011,43(11):112–114.
- [24] 杨存玉,高发瑞,黎仲冰,等. 济宁市水稻产业调研报告[J]. 北方水稻,2019,49(4):47–50.
- [25] 陈 峰,张甲生,袁守江,等. 济南市水稻生产现状及发展对策[J]. 北方水稻,2018,48(3):48–50.
- [26] 仵 军,张洪程,陆建飞. 江苏省水稻生产 30 年地域格局变化及影响因素分析[J]. 中国农业科学,2012,45(16):3446–3452.
- [27] 仵 军. 近 30 年江苏省水稻生产的时空变化与小于分析[D]. 扬州:扬州大学,2013.

## Study on Changes of Rice Production in Shandong Province During 2000—2021

XIN Caiyun, MA Hui, DONG Hongyun, LIU Qihua, ZHAO Qinglei

(Institute of Wetland Agriculture and Ecology, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Jinan 250100, China)

**Abstract:** Based on the statistical data of rice planting area, yield per unit area and total yield from 2000 to 2021 in Shandong Province, the changes of rice production in Binhu, Kuguan and Yanhuang rice growing areas in Shandong Province in recent years were analyzed. The data shows that the rice planting area and total rice yield in Shandong Province are relatively small compared to the whole country. Shandong rice has the advantage of yield per unit area, which has been higher than the national average rice yield for over 20 years, with the highest yield being 1.38 times the national average yield. The data analysis of rice planting area, yield, and total yield in the three major rice growing areas shows that Shandong rice production has enormous potential in maintaining high yield per unit area and improving rice quality. It is proposed to stabilize the rice planting area, enhance rice processing capacity, and extend the rice industry chain through a series of measures such as scientific planting, improving water conservancy facilities, etc., in order to promote the development of rice production in Shandong.

**Key Words:** Rice production; Shandong Province; Development trend

### 本刊加入有关数据库的特别声明

为了适应我国期刊信息化建设的需要和扩大作者学术交流渠道,实现期刊编辑、出版工作的网络化与数字化,提高作者所发表论文的被引频次与影响力,本刊已加入《中国学术期刊(光盘)》、“中国期刊网”“万方数据—数字化期刊群”、重庆维普“中文期刊数据库”、超星期刊“域出版”平台和国家科技学术期刊开放平台等。作者无需另外支付网络编审费。作者著作权使用费与本刊稿酬由本刊编辑部一次性给付作者。如作者不同意编入上述数据库,请务必提供书面说明。所刊载文献被以各种形式转载时请注明来源于本刊。

《大麦与谷类科学》杂志编辑部

王志冉,周增产,马 铁,等.全自动牧草植物工厂设计与应用[J/OL].大麦与谷类科学,2024,41(2):57–63,68. <https://doi.org/10.14069/j.cnki.32-1769/s.2024.02.011>.

# 全自动牧草植物工厂设计与应用

王志冉<sup>1,3</sup>,周增产<sup>1,2,3</sup>,马 铁<sup>1,3</sup>,张 栋<sup>1,3</sup>,姚 涛<sup>1,3</sup>,胡福生<sup>1,3</sup>,江 鹏<sup>1,3</sup>,张浩文<sup>1,3</sup>,高一品<sup>1,3</sup>

(1.北京市农业机械研究所有限公司,北京 100096;2.北京京鹏环球科技股份有限公司,北京 100094;

3.北京市植物工厂工程技术研究中心,北京 100094)

**摘要:**全自动牧草植物工厂是北京农业机械研究所有限公司结合牧草的栽培工艺特性与生长环境要求,以植物工厂技术为基础,集全自动立体栽培架、全自动播种机、收割和清洗设备以及消毒设备于一体,实现了牧草从浸种、催芽、播种、培育到收获的全程自动化生产工艺流程,通过智能控制系统对环境因子精准控制,实现牧草生产的全自动化。牧草植物工厂还可通过更换定植板用于叶菜类育苗、多种芽苗菜种植生产等,实现一个“车间”多种用途,具有广阔的市场前景。

**关键词:**大麦;植物工厂;全自动立体栽培架;智能装备;生产工艺

**中图分类号:**S431.14

**文献标志码:**A

**文章编号:**1673-6486-20230278

在振兴乳制品行业等政策的推动下,全国对饲料的需求与日俱增,年度优质饲草需求量1.2亿t,缺口5000万t<sup>[1]</sup>。农业农村部印发的《“十四五”全国饲草产业发展规划》中明确:到2025年,全国优质饲草产量达到9800万t,优先发展苜蓿等市场急需的优质饲草<sup>[2]</sup>。目前,我国优质饲草苜蓿的自给率只有64%,每年优质饲草的缺口超过300万t<sup>[3]</sup>。除天然草原外,获得饲草的主要方法是田间种植,但费时费力,产量低。在当前草原退化和农田保护的形势下,水培饲草(如大麦、燕麦和其他草)种植形式正在慢慢出现。

水培饲料具有单位面积产量高、质量好、生产周期短、四季都能生产的优点。它不受自然条件的限制,可以实现全年供应<sup>[4]</sup>。大麦牧草的生产成本低、蛋白质含量高,小分子的氨基酸等成分更容易被动物吸收<sup>[5-6]</sup>。因为采用水循环式生产,用水量极省且零排放,所产出的牧草清洁无污染,洁白的根系及留存的种子与鲜嫩翠绿的芽苗都可以进食使用,无任何的浪费。人工光照牧草植物工厂非常适合牧草集约化生产,也非常适合干旱半干旱及高寒地区应用,应尽早开展牧草生产设施、环控技术、无土栽培技术等研发配套,针对牧草种类确立基于产量和品质评价指标的合理收获时间,获得最佳生产效益<sup>[7]</sup>。

国内牧草植物工厂的种植模式落后、装备不全。牧草立体栽培方式多为简易栽培架,层数少,环境调控能力弱,自动化水平低,费时费力,效率低。由北京市农业机械研究所研发团队开发设计的全自动饲草植物工厂,以植物工厂技术为基础,集全自动立体栽培架、全自动播种机、收获机、清洗和消毒设备于一体,结合高层植物工厂环境智慧调控技术和人工智能决策系统,实现牧草生产的全自动化。牧草植物工厂生长环境封闭可控,洁净无污染,温度控制在22~25℃,湿度保持70%,环境均匀性较高,可全年生产。水培饲料具有单位面积产量高、质量好、生产周期短的优点,经过品质检测的牧草,纤维素和矿质元素含量丰富。它不受自然条件的限制,可以实现全年供应。

## 1 牧草营养成分特点

牧草按植物学分类可以分为禾本科牧草、豆科牧草和其他类牧草,其中:禾本科牧草属单子叶植物,如黑麦草、大麦草、玉米等;豆科植物属双子叶植物,如紫花苜蓿、三叶草等;其他类牧草包括菊科、藜科、苋科等,如菊苣、苦苣菜等<sup>[8]</sup>。

苜蓿等作物的生长周期长,一般采用多次收割和多年生栽培技术,常用于露天栽培或者设施温室栽培<sup>[9]</sup>;对于玉米、小麦、大麦来说,发芽技术简单容易,生产周期短,对环境调控的精度要求不高,增施肥料的效果也不显著,重点是生长过程中对水分的

收稿日期:2023-12-04;修回日期:2024-03-22。

基金项目:全自动牧草植物工厂研发与应用[SNSPKJ(2023)-06]。

作者简介:王志冉(1991—),女,硕士,农艺师、经济师,主要从事设施农业工程及设备研发与试验等研究。Email:919702947@qq.com。

精准控制适宜利用植物工厂栽培种植。研究表明,大麦的水培从播种到收获 8~10 d 即可,干质量和鲜质量高于苜蓿、玉米等其他作物,用水效率高,是水培牧草的最佳选择<sup>[9]</sup>。试验研究水培小麦牧草在萌发后 8、10、12 d 进行蛋白质检测和能量价值评估,发现在小麦发芽后的第 10 d,检测效果明显优于其他牧草 2 d,并且有利于其在反刍动物营养中的利用<sup>[11-12]</sup>。LED 白光促进大麦植株上部分茎的伸长,株高增大,而鲜质量和干质量及下部的根系生长受抑制<sup>[13]</sup>。

水培牧草的营养成分具有以下特点:

1) 利用水培方式生产的牧草实质上是种子经过萌发从胚芽转变成植物幼芽,其特点是纤维素含量少,蛋白质含量多,且蛋白质处于新形成阶段,大部分是游离氨基酸,更容易被动物消化吸收。

2) 利用水培方式生产的牧草更容易被动物消化吸收的另一个重要原因是种子在萌发过程中产生了大量鲜活的消化酶、丰富的维生素、矿物质和生长因子以及促使消化的各种生物酶,加快了动物新陈代谢的过程。

3) 利用水培方式生产的牧草是纯天然的产品,与饲料相比不含任何人工激素,都是种子自身储存的能量和营养,且外观翠绿,颜色、味道等与自然界的嫩芽一样,对动物具有一定的吸引力。

4) 利用水培方式生产的牧草含水量丰富,不用单独为牲畜补充水分。

## 2 全自动牧草植物工厂

针对我国牧草植物工厂成套化装备缺乏,关键作业装备依赖进口,国内没有全自动化牧草立体植物工厂的产业现状,项目研发团队在牧草工厂化生产工艺和关键装备技术研发方面取得突破,研发出全自动牧草植物工厂,实现牧草全自动立体化高效生产,为现代化牧场提供了绿色牧草种植装备系统。

全自动牧草植物工厂的功能是实现从种子到牧草全程自动化种植,进行种植试验,验证主要作业样机的性能参数和可靠性,形成牧草工厂化生产的栽培工艺和规范,积累数据和经验,展示全自动化牧草生产过程。全自动牧草植物工厂主要装备包括牧草播种机、收获机、苗盘清洗消毒机、立体栽培系统、闭环输送线等。从种子处理、播种、立体搬运到收获、苗盘清洗、苗盘消毒等主要作业环节自动化,实现牧草全程自化种植。图 1 为全自动牧草植物工厂设备装备图,自动播种机将催芽好的种子平铺到栽培盘上,通过立体栽培系统的提升机构将栽培盘运至立体栽培架的各个指定位置,进行栽培,通过环控系统控制补光灯的时间以及灌溉喷淋的频率和时间,为大麦生长创造适宜的条件。通过 7 d 的栽培管理,栽培系统的升降结构将栽培盘运至底层的输送线上,通过牧草收获清洗机对牧草进行采收,同时对栽培盘进行消毒,至此,完成一轮栽培生产。

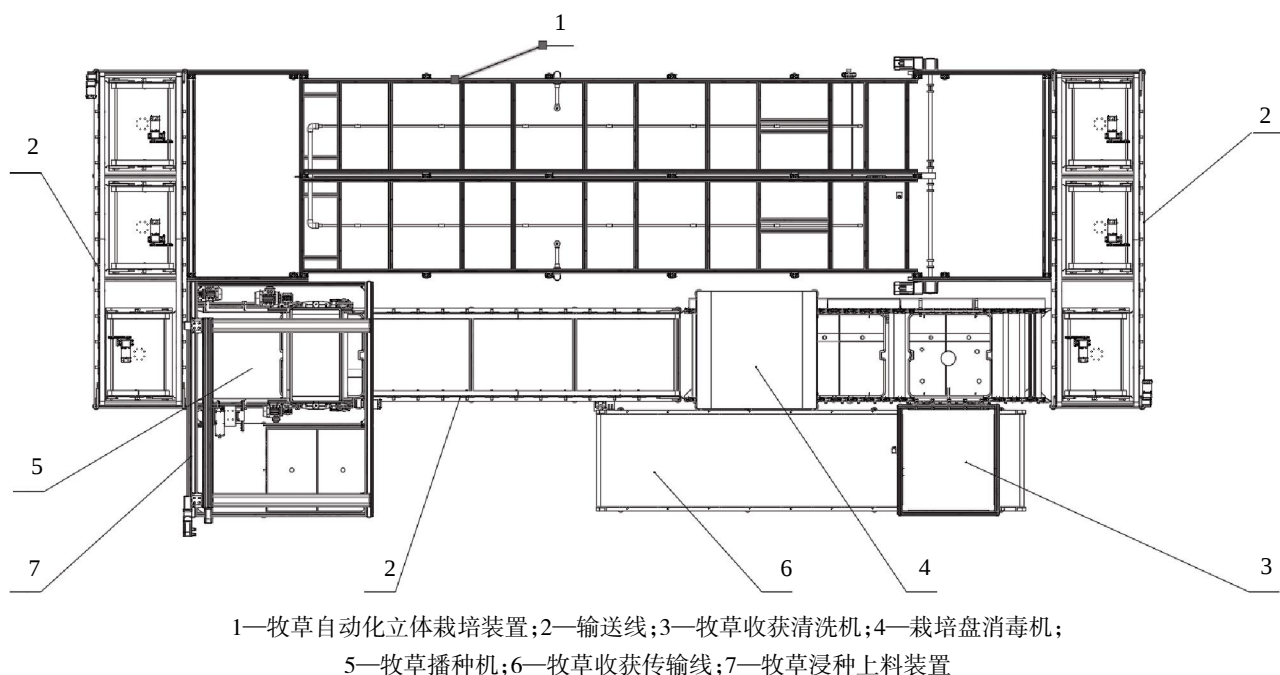


图 1 全自动牧草生产智能装备

## 2.1 牧草自动立体栽培系统

图 2 为牧草自动立体栽培系统三维模型图。该系统是以铝型材为主材搭建框架,采用倍速链输送形式定向输送栽培床箱,升降系统动力源为伺服电机,走位精准,全部动作均可通过自动控制系统定

时、定量实现,运行过程中只需配有一人专门负责检查运行状况即可,省事省力。通用式栽培床箱可满足除牧草之外的多种芽苗菜种植,通过增加定植板也可实现叶菜的种植。表 1 为牧草立体自动栽培系统主要性能参数。

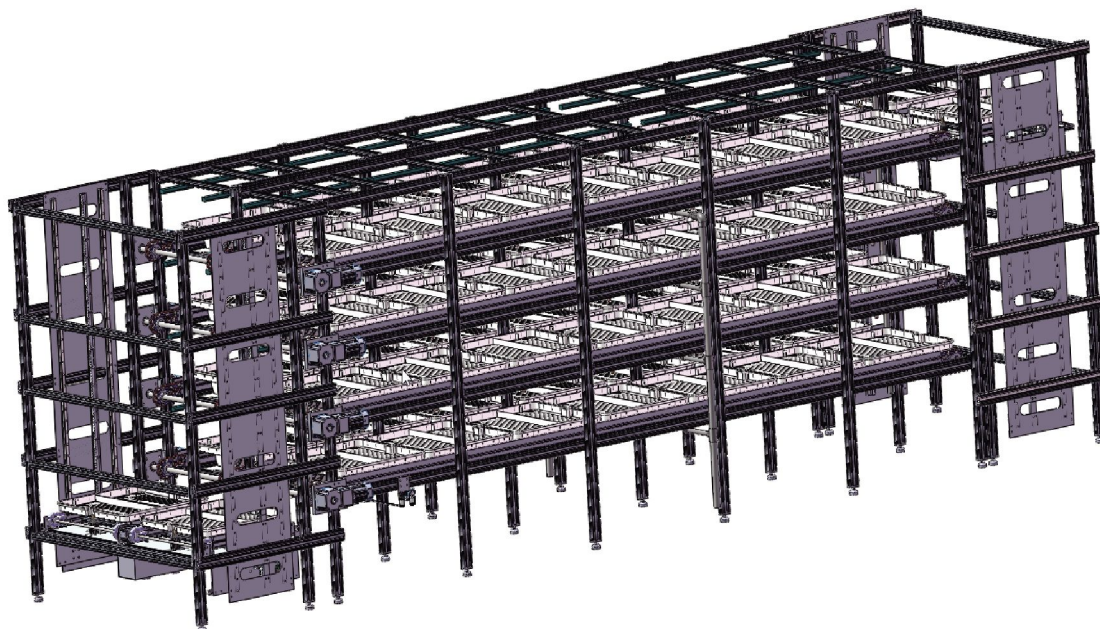


图 2 牧草自动立体栽培系统三维模型

表 1 牧草立体自动栽培系统主要性能参数

| 指标性能     | 参数(含单位)或形式              |
|----------|-------------------------|
| 床箱尺寸     | 800 mm × 800 mm × 60 mm |
| 床箱壁厚     | 5 mm                    |
| 单盘最大播种质量 | 7.5 kg                  |
| 单盘产量     | 45 kg                   |
| 最大升降速度   | 1.12 m/s                |
| 最大推送速度   | 20 cm/s                 |
| 控制形式     | 全自动                     |
| 灌溉形式     | 喷灌                      |
| 输送形式     | 倍速链                     |
| 升降传动形式   | 齿轮齿条传动                  |

## 2.2 浸种、催芽播种一体机

针对无人化植物工厂多机多线程协调不同步等难题,研发主要作业环节自动化装备。结合种子-气流场-排种系统耦合特性进行仿真分析,开发了牧草种子处理、播种一体机,实现了种子的自动消毒、浸种催芽和播种自动化。图 3 为牧草浸种、催芽播种一体机三维图,牧草播种机包括浸种上料的种子料筒,料筒下方为种子输送带,种子输送带下方

的栽培盘输送带用于输送播种好的栽培盘。

## 2.3 牧草收获清洗一体机

研究作物-机器系统的机艺融合机制,研发分布式多维空间精准定位技术,研究了高压喷雾清洗技术,开发牧草收获清洗一体机,基于高效灭菌技术开发了床箱自动消毒机,闭环搬运流水线。图 4 为牧草收获清洗一体机的三维图纸和实际安装场景,牧草清洗包括辊子输送线,输送线的一侧装有

翻转机构、清洗机框架和喷杆,用于收获牧草和清洗栽培盘,栽培盘消毒机内侧安装紫外线消毒灯用

于第 2 茬生长的消毒。

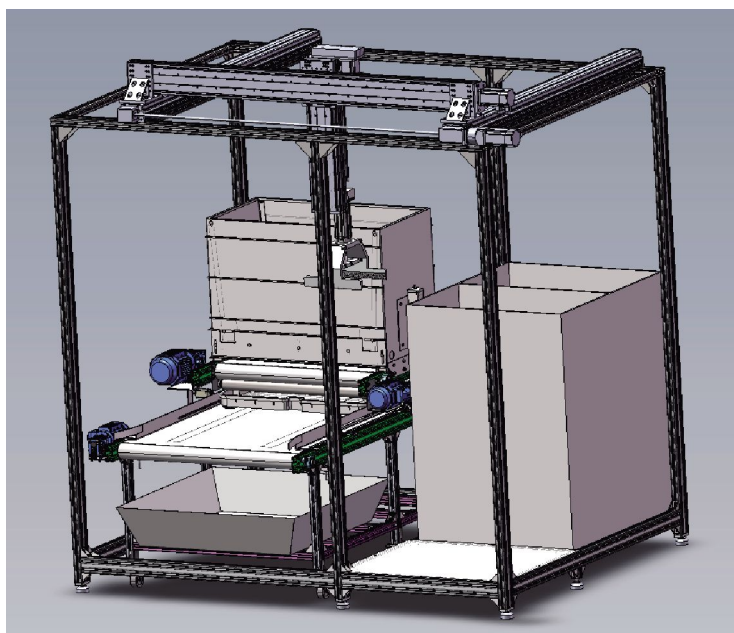
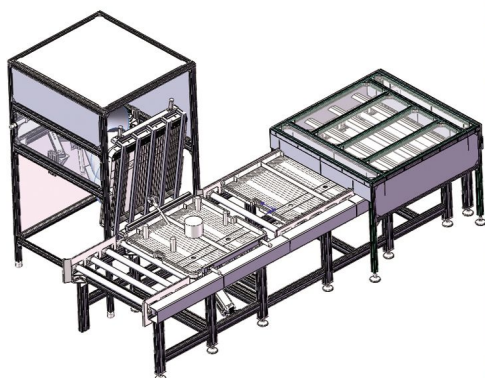


图 3 浸种、催芽播种一体机三维图



A.收获清洗一体机三维图



B.输送线实物图



C.端部输送线实物图

图 4 牧草收获清洗一体机

## 2.4 无人化植物工厂数字管控技术

创建 5 层架构植物工厂物联网管控平台,针对超高层植物工厂多维空间热湿环境时空分布不均、调控精准程度低、能耗高等突出问题,构建作物-环境反馈模型,创建高容积率植物工厂生产全流程多机协同的人工智能决策系统。图 5 为植物工厂物联网管控平台界面,界面实时显示植物工厂内的温度、湿度、光强、CO<sub>2</sub> 浓度、气象站数据等环境,同时还能调控补光时间、灌溉频率和灌溉时间,控制播种、自动上盘、运输和收获等多个牧草生产工艺环节。

## 3 牧草种植试验

### 3.1 生长环境

**3.1.1 营养液和环境管理。**大麦苗营养液的 pH 值为 5.8 ~ 7.2,电导率为 1.5 ~ 2.5 mS/cm,溶氧量为 4 ~ 5 mg/L,营养液温度为 15 ~ 20 ℃。

**3.1.2 环境条件。**萌发期温度设为 28 ℃,无光照。培养期温度白天 18 ~ 26 ℃,夜间 10 ~ 16 ℃;相对湿度 50% ~ 70%;光照强度 5 000 ~ 25 000 lux,光照周期为 12 h;CO<sub>2</sub> 浓度为 0.03% ~ 0.05%;每 2 h 通过智能控制系统喷淋水 20 s。

**3.1.3 大麦苗收获。**大麦苗适宜采收的大小为高 18~25 cm, 茎粗 1.5~2.2 mm, 叶片数 3~5 片, 单株总质量为 1.0~1.5 g。图 6 为立体栽培系统栽培盘内大麦苗生长第 7 天的生长状态即将采收。

### 3.2 生长记录

工厂化水培牧草的生长周期为 7 d(图 7), 生产工艺流程: 清洗—消毒—浸种—上盘—出芽—生长—下盘—采收。7 d 就能长至 15~20 cm 的高度。



图 5 物联网管控平台界面



图 6 大麦牧草生长状态

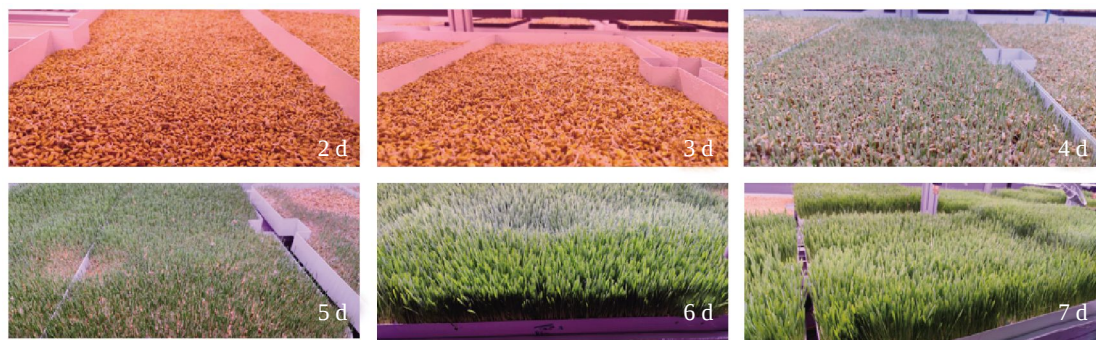


图 7 牧草生长过程

### 3.3 牧草品质检测结果

在大麦牧草生长至第 7 天时, 取鲜样送实验室对牧草的营养物质、矿质元素和纤维素的成分进行检测。检测结果如表 2 所示, 营养物质中蛋白质的

含量较丰富, 为 33.3 g/kg, 含有种类丰富的矿物质元素, 包括钙、镁、磷、钠等大量元素和锌、锰、铜等多种微量元素, 纤维素含量为 18.82%, 半纤维素含量为 28.9%, 与其他牧草相比, 含量较高。

表 2 牧草品质检测结果

| 测试项目  | 测试结果  | 单位    | 测试方法 / 仪器                                        |
|-------|-------|-------|--------------------------------------------------|
| 蛋白质   | 33.3  | g/kg  | GB 5009.5—2016《食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》               |
| 脂肪    | 9     | g/kg  | GB 5009.6—2016《食品安全国家标准 食品中脂肪的测定》                |
| 碳水化合物 | 90    | g/kg  | GB 28050—2011《食品安全国家标准 预包装食品营养标签通则标准》            |
| 能量    | 2 420 | kJ/kg | GB/T 28050—2011《食品安全国家标准 预包装食品营养标签通则标准》          |
| 钠     | 70.1  | mg/kg | GB 5009.91—2017《食品安全国家标准 食品中钾、钠的测定》              |
| 钙     | 0.327 | %     | GB/T 6436—2018《饲料中钙的测定》                          |
| 磷     | 0.054 | %     | GB/T 6437—2018《饲料中总磷的测定 分光光度法》                   |
| 镁     | 279   | mg/kg | GB/T 13885—2017《饲料中钙、铜、铁、镁、锰、钾、钠和锌含量的测定 原子吸收光谱法》 |
| 钾     | 691   | mg/kg | GB/T 13885—2017《饲料中钙、铜、铁、镁、锰、钾、钠和锌含量的测定 原子吸收光谱法》 |
| 硫     | 0.07  | %     | GB/T 17776—2016《饲料中硫的测定 硝酸镁》                     |
| 锌     | 6.71  | mg/kg | GB/T 13885—2017《饲料中钙、铜、铁、镁、锰、钾、钠和锌含量的测定 原子吸收光谱法》 |
| 锰     | 6.29  | mg/kg | GB/T 13885—2017《饲料中钙、铜、铁、镁、锰、钾、钠和锌含量的测定 原子吸收光谱法》 |
| 铜     | 1.33  | mg/kg | GB/T 13885—2017《饲料中钙、铜、铁、镁、锰、钾、钠和锌含量的测定 原子吸收光谱法》 |
| 铁     | 16.7  | mg/kg | GB/T 13885—2017《饲料中钙、铜、铁、镁、锰、钾、钠和锌含量的测定 原子吸收光谱法》 |
| 纤维素   | 18.82 | %     | 实验室方法                                            |
| 半纤维素  | 28.9  | %     | 实验室方法                                            |
| 木质素   | 8.32  | %     | 实验室方法                                            |
| 可溶性糖  | 21    | g/kg  | NY/T 1278—2007《蔬菜及其制品中可溶性糖的测定 铜还原碘量法》            |

### 3.4 种子厚度对大麦牧草转化率的影响

试验测试选择的大麦种子容重为 675 g/L,种子经浸种后的吸水率为 54.32%。在牧草栽培盘内分别铺设厚度为 1.5、1.8、2.0 cm 的大麦种子,在种子发芽后的第 1 至第 7 天内,每天同一时间称取每盘牧草的质量,计算转化率,转化率 = 单盘牧草平均鲜质量 / 单盘种子质量。计算种子厚度 1.5、1.8、2.0 cm 3 个梯度的大麦种子转化率。试验测试结果如图 8 所示,种子厚度为 1.5 cm 的转化率最低,种子厚度 1.8 cm 的转化率最高。1.8 cm 为栽培盘中大麦种子适宜铺设的厚度。

### 3.5 光照时间对大麦牧草产量的影响

在大麦牧草栽培架的一层,设置补光灯补光时长为 12 h,在栽培架的二层设置补光时长为 10 h。在种子发芽后的第 1 至第 7 天内,每天同一时间称取每盘牧草的质量,试验测试结果如图 9。光照时间对牧草产量有一定的影响,一层光照时间为 12 h,二

层光照时间为 10 h。延长 2 h 的光照能增产 10.13%,适当延长光照可以增产。

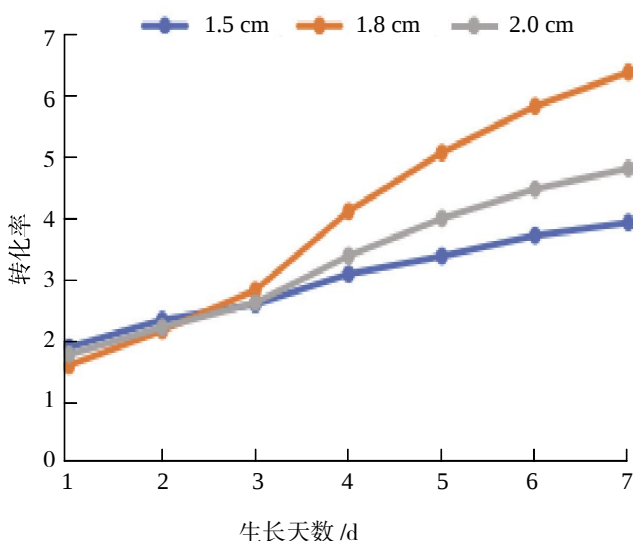
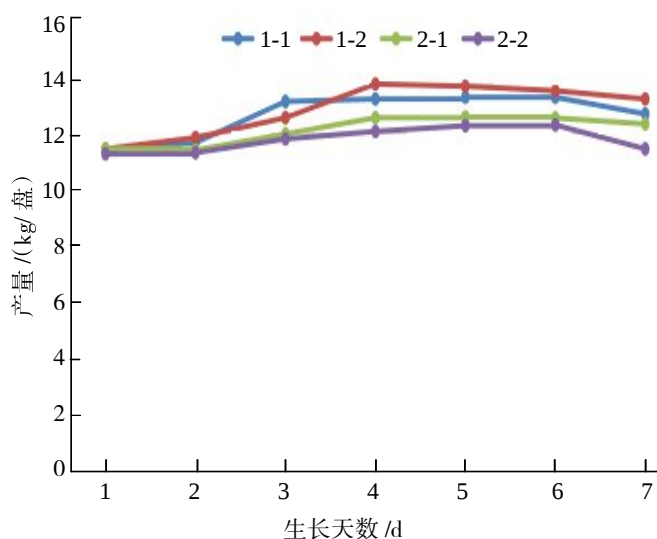


图 8 种子厚度对大麦牧草转化率的影响



图中 1-1、1-2 代表一层补充时间为 12 h 的 2 盘牧草编号，  
2-1、2-2 代表二层补充时间为 10 h 的 2 盘牧草编号

图 9 光照时间对大麦牧草产量的影响

#### 4 结论

研制牧草生产全程智能装备，可实现快速播种、立体种植、快速收获、无人化操作，提高工作效率和单位面积产出率。采用仓储式理念搭建牧草植物生产车间的工厂化高密度生产模式，大幅度提高了牧草植物工厂的容积率。牧草植物工厂栽培，栽培工艺流程规范，实现规模化生产和高品质生产。经牧草植物工厂生产的牧草营养价值高、消化率高，可有效促进动物的健康成长。栽培盘铺设 1.8 cm 厚度的牧草，其种子转化率相对较高；在牧草生长过程中补光 10 h，增加 2 h 补光时间，产量能够提升 10.13%。

#### 5 展望

全自动牧草植物工厂不仅缓解了天然草原的压力，也解决了畜禽饲料不足的问题。牧草工厂还可以通过更换种植板进行叶菜育苗、各种发芽蔬菜

的种植和生产，在一个“车间”内实现多种用途，具有广阔的市场前景。

#### 参考文献：

- [1] 邹航. 中国牧草产品进口量影响因素研究[D]. 南昌: 江西财经大学, 2021.
- [2] 农业农村部. 农业农村部关于印发《“十四五”全国饲草产业发展规划》的通知[EB/OL]. (2022-02-16)[2023-12-04]. <https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2022-03-01/content-5676205.htm>.
- [3] 王瑞港, 徐伟平. 我国苜蓿产业发展特征与趋势分析[J]. 中国农业科技导报, 2021, 23(12): 7-12.
- [4] 庾勇, 郭同军, 古再丽努尔·艾麦提, 等. 水培小麦苗在畜牧生产中应用的研究进展[J]. 动物营养学报, 2023, 35(7): 4216-4223.
- [5] 赵加涛, 杨向红, 付正波, 等. 不同大麦品种饲草产量及品质研究[J]. 中国农学通报, 2021, 37(27): 27-31.
- [6] 任澎, 邓蒙蒙, 王迪铭. 奶牛新型饲料水培大麦苗在不同水培天数下营养价值探究[J]. 饲料研究, 2023, 46(18): 102-107.
- [7] 刘文科, 候瑞锋. 设施牧草产业发展需求与植物工厂技术研发对策[J]. 农业工程技术, 2022, 42(1): 30-35.
- [8] 马琦. 利用方式、种植模式和施氮对黄土高原多年生牧草产量和土壤性质的影响[D]. 兰州: 兰州大学, 2023.
- [9] 王旗旗, 解继红, 于林清, 等. 我国苜蓿育种研究进展及展望[J]. 草学, 2023(4): 1-7.
- [10] 杨金钰, 孙九胜, 乔小燕, 等. 不同光质对比对水培牧草大麦生长的影响[J]. 新疆农业科学, 2022, 59(8): 1871-1876.
- [11] HERRERA-TORRES E, CERRILLO-SOTO M A, JUÁ REZ-REYES A S, et al. Effect of harvest time on the protein and energy value of wheat hydroponic green fodder[J]. Interciencia, 2010, 35(4): 284-289.
- [12] 董佳强, 蒋微, 黄宇翔, 等. 水培大麦苗的营养价值及在畜禽养殖中的应用[J]. 现代畜牧科技, 2023(9): 53-56.
- [13] 杨金钰, 孙九胜, 乔小燕, 等. 不同光质对比对水培牧草大麦生长的影响[J]. 新疆农业科学, 2022, 59(8): 1871-1876.

(下转第 68 页)

王亚杰,姜 权,徐 鹏,等. 盐城市农作物秸秆离田综合利用的实践与探索[J/OL]. 大麦与谷类科学,2024,41(2):64–68. <https://doi.org/10.14069/j.cnki.32-1769/s.2024.02.012>.

# 盐城市农作物秸秆离田综合利用的实践与探索

王亚杰<sup>1</sup>,姜 权<sup>1</sup>,徐 鹏<sup>1</sup>,谭广梅<sup>2</sup>,龙乃云<sup>2</sup>,谷诗文<sup>3</sup>

(1. 盐城市农业环境监测站,江苏 盐城 224002;2. 盐城市农业农村局,江苏 盐城 224002;

3. 盐城市亭湖区农业技术综合服务中心,江苏 盐城 224002)

**摘要:**农业绿色发展是低碳循环发展经济体系建设中最基础、与人民群众连接最紧密的一环,推进秸秆禁烧、促进秸秆综合利用是助力碳达峰、碳中和的重要举措。在“双碳”背景下,本文阐述了盐城市农作物秸秆综合利用的现状,介绍了推动农作物秸秆离田综合利用的工作举措,分析了农作物秸秆离田工作过程中的制约瓶颈,并对提升农作物秸秆综合利用水平提出了对策和建议,旨在探索建立可持续、可推广的产业发展模式和高效利用机制,引领农作物秸秆离田综合利用提质增效。

**关键词:**农作物秸秆;离田;综合利用;对策;建议

**中图分类号:**S512.1

**文献标志码:**B

**文章编号:**1673-6486-20230262

“农业优先,多元利用”是我国农作物秸秆综合利用的重要指导原则<sup>[1]</sup>。农业农村部办公厅印发《关于做好农作物秸秆综合利用工作的通知》(农办科〔2023〕13号),明确将“布局合理,多元利用的秸秆综合利用高质量发展格局”确立为我国秸秆综合利用的总体发展目标。盐城是江苏省乃至全国的粮食生产大市,粮食种植面积稳定在 98.67 万  $\text{hm}^2$  左右,种植结构以稻麦轮作为主,每年产出可收集利用的农作物秸秆超 600 万 t。2020 年 6—8 月,江苏省水质阶段性下滑,省水污染防治联席会议办公室商请各设区市人民政府研究推进秸秆离田综合利用,打通收、储、运、用等环节存在的堵点和难点,努力实现生态环境高水平保护与经济社会高质量发展双赢。为缓解部分地区连续多年秸秆还田带来的压力,提升农业绿色发展水平,改善农村生态环境,盐城市政府主要领导组织多条线多轮次调研,谋定秸秆综合利用“四个坚持”总体工作思路,在江苏全省率先试点推进稻麦秸秆离田综合利用,明确盐城市农作物秸秆离田综合利用率“十四五”期间年均增长 5 个百分点,秸秆综合利用率稳定在 96%以上。近年来,盐城市积极组织离田攻坚,从聚焦重点区域、突出从业主体、强化政策支持、重抓责任落实等方面全力推进稻麦秸秆离田综合利用,圆

满地完成了工作任务,取得了显著成效。进一步加强农作物秸秆综合利用,提高农作物秸秆综合利用水平,对促进农民增收、环境保护、资源节约以及农业经济可持续发展意义重大<sup>[2]</sup>。

## 1 盐城市农作物秸秆综合利用现状

盐城市是农业大市,也是秸秆资源大市。据统计数据,2022 年全市农作物种植面积 102.98 万  $\text{hm}^2$ ,主要种植农作物品种有大麦、小麦、水稻、玉米、油菜、大豆等,其中:小麦(含大麦)种植面积 43.63 万  $\text{hm}^2$ ,水稻种植面积 41.26 万  $\text{hm}^2$ ,玉米种植面积 9.22 万  $\text{hm}^2$ ,油菜种植面积 3.70 万  $\text{hm}^2$ ,豆类种植面积 3.56 万  $\text{hm}^2$ ,其他作物种植面积 1.61 万  $\text{hm}^2$ 。近年来,盐城市高度重视农作物秸秆综合利用工作,2016 年在全省率先出台《盐城市农作物秸秆综合利用条例》,将农作物秸秆综合利用工作纳入法制化轨道,并积极通过项目示范、政策引导、主体扶持等措施,激发秸秆还田、离田、加工利用等市场主体的积极性,探索秸秆收、储、运、用全环节综合利用模式,走出了秸秆肥料化、饲料化、基料化、燃料化、原料化“五化”综合利用的路子。2022 年,全市农作物秸秆可收集量 641.38 万 t,农作物秸秆综合利用量 630.87 万 t,农作物秸秆综合利用率达 98.36%,其中:肥料化利用量占秸秆综合利用总量的 71.00%,燃料化利用量占 16.40%,饲料化利用量占 6.60%,基料化利用量占 3.60%,原料化利用量占 2.40%(图 1)。全市各地通过

收稿日期:2023-10-17;修回日期:2024-02-19。

作者简介:王亚杰(1981—),男,高级农艺师,主要从事农业生态环境保护、农村能源技术推广。Email: wyj811022@163.com。

实施 7 个中央农作物秸秆综合利用重点县项目,总结形成秸秆提取植物纤维利用、秸秆青(黄)贮利用等一批秸秆高值综合利用的新技术模式,扶持

建设了一批高质量、高效率的秸秆综合利用收贮主体,全市年收储能力达万吨以上的收储利用主体 53 个。

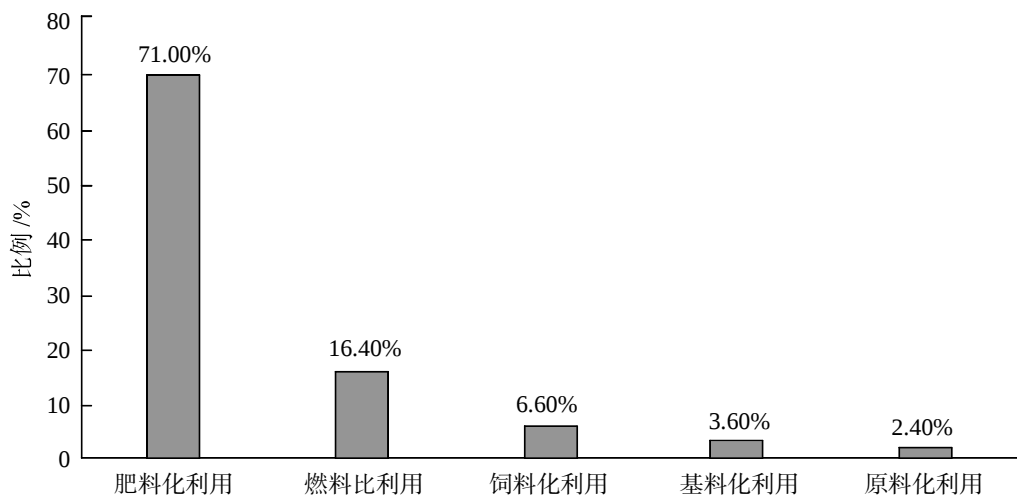


图 1 2022 年农作物秸秆“五化”利用比例

### 1.1 秸秆植物纤维利用技术

秸秆植物纤维利用技术主要是利用物理机械工艺,将稻麦秸秆通过备料、机械切碎、除杂(去除泥块、石子和金属)、温控处理、热磨处理等环节,加工处理成含水量为 40%~50%的秸秆纤维。该技术可消耗秸秆量约 7 万 t/年。该工艺的优点是无废水排放、灰尘少、利用秸秆量大,秸秆纤维可广泛应用于一次性可降解餐具、造纸基础原料等<sup>[3]</sup>。

### 1.2 秸秆青(黄)贮利用技术

秸秆青(黄)贮利用主要是乳酸型自然发酵的生物过程<sup>[4]</sup>。直接收储的青贮饲料要及时运送至牧场,制作全株饲料通过快速压窖或者使用裹包机进行裹包,密度达 700 kg/m<sup>3</sup>;制作黄贮要将秸秆切碎成 3~5 cm,添加 1×10<sup>5</sup> CFU/g 的菌剂,快速压窖或使用裹包机进行裹包,密度达 450 kg/m<sup>3</sup>。裹包后的原料堆放一般不超过 2 层高。为增加裹包饲料的适口性可以添加 1%左右的糖蜜,既有利于发酵,也提高牲畜的采食量。

### 1.3 秸秆降解排水板利用技术

秸秆粉碎后的短纤维与废木材短纤维和植物胶复合粘接压制成秸秆降解排水板主体芯板,芯板正反面设有口琴状齿槽,外置大孔径防淤堵热熔土工布,具有抗压、抗弯、抗折和强度大的特点<sup>[5]</sup>,是一种纵向排水量≥40 cm<sup>3</sup>/s 的整体热熔排水板。该排

水板打入到软弱土层早期具有很好的排水功能,约在 1 年后通过自身降解破损而停止继续排水功能,解决了传统排水板加固地基后继续排水固结沉降的技术隐患,可以满足水泥土搅拌桩、预制管桩及其他基础工程施工的便利快捷要求。

## 2 盐城市推动农作物秸秆离田综合利用的工作举措

盐城市坚持“生态优先、绿色发展,因地制宜、离还并举,规模先行、规范作业,政策引导、市场运作”的总体思路,持续提升农作物秸秆离田综合利用能力和水平,自 2020 年的 97.74 万 t 增加至 2022 年的 203.17 万 t,成效明显(图 2)。主要重抓 4 个方面的工作。

### 2.1 聚焦重点区域

立足农业生产实际和生态环境保护要求,靶向推进农作物秸秆离田:明确以 66.67 hm<sup>2</sup> 及以上稻麦规模种植点和国省考断面、重点河道沿线为重点区域,推进稻麦等农作物秸秆离田综合利用。建湖县每镇确定 1 个全量离田示范村,阜宁县羊寨镇实行秸秆离田整镇推进,滨海县鼓励整镇推进稻麦秸秆离田试点,东台市 6 条关键河道沿线 600 m 范围内 1.33 hm<sup>2</sup> 以上的种植点实现全量离田。

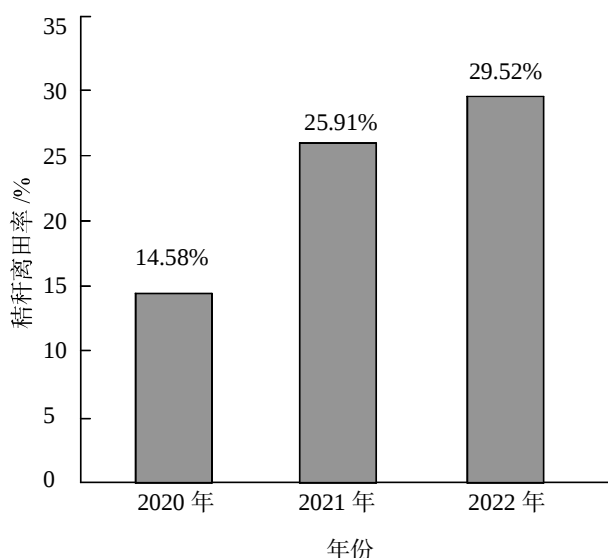


图2 2020—2022年农作物秸秆离田情况

## 2.2 突出从业主体

对生产主体突出离田宣传,通过悬挂宣传标语、发放明白纸、设置村镇滚动大屏、挂钩定点服务指导等方式进行宣传,营造主体支持、人人参与的浓厚氛围。对收储主体突出培训发动,举办秸秆离田政策宣传会、离田技术培训会、农机装备现场会等,提高收储主体对各类补助标准的知晓度,提高主体参与度,同时落实收储人员、场地和机具配套。对利用主体突出对接协调,拓宽利用渠道,开展技术改造,提高秸秆利用总量和利用效率。

## 2.3 强化政策支持

市、县、镇三级财政给予秸秆离田工作前所未有的政策支持,为秸秆离田提供了经费保障。2021—2023年,盐城市财政设立9000万元预算,给予各县(市、区)1:1秸秆离田专项配套支持。11个县(市、区)全部出台秸秆离田资金补助政策,秸秆离田机械设备补助比例最高达50%,秸秆利用补助标准最高达50元/t。镇级财政首次给予配套,盐都区、亭湖区的乡镇均出台秸秆离田细化方案,最高的乡镇离田作业配套补助标准达450元/hm<sup>2</sup>。

## 2.4 重抓责任落实

各级政府将秸秆离田列为农业农村重点工作目标任务内容,实行一把手负责制,一级抓一级,层层细化任务指标,明确工作职责。盐城市政府连续出台多个推进秸秆离田工作文件、召开重点县秸秆离田推进会议,全面推动秸秆离田关键措施落实。相关部门各司其职、强化配合,市农业农村、生态环境、供销等多部门联合开展多轮次专题服务指导,共

同做好秸秆离田工作。重抓基层压力传递,对256个纳入任务清单的66.67hm<sup>2</sup>及以上规模种植点、168个秸秆收储点全部明确镇村责任人,实现定人到点,夏秋收获关键期实行日报告制度,确保离田实效。

## 3 盐城市农作物秸秆离田亟待破解的制约瓶颈

盐城市农作物秸秆离田试点工作虽然取得显著成效,但仍存在一些亟待解决的现实矛盾和问题,必须引起高度重视。

### 3.1 秸秆离田综合利用渠道还不够宽,仍需寻找“出路”

目前,离田秸秆利用渠道尚不能满足实际需要,堆放在草场的秸秆不能及时利用,增加了消防、生态环境等方面压力。全市离田的稻麦秸秆约30%需要依赖外销,随着后期离田量的增加,此比例将进一步扩大。另外,引进的部分科技型秸秆利用项目效益不尽如人意,如位于射阳县的盐城戎海新材料科技有限公司引进的秸秆提取纤维项目,受市场行情的影响,纤维价格从去年1800~2000元/t跌至现在的1300元/t左右,导致目前处于停产状态。

### 3.2 秸秆收储体系还不够配套,仍需健全完善

秸秆受市场利润空间影响,收储队伍不足,主体较少,其中万吨级以上的仅有53家,远不能满足离田工作需要。离田机械配套不足,因离田配套机械投入较大,效益不稳定,收储主体徘徊观望,当地机械购买不足,经常调度外地离田机械进行离田作业;标准化收储点不足,全市收、储、运网点中,有设施农用地备案且具备场地硬化、遮盖配套、管理规范的标准收储点仅为56家,占比36.84%。

### 3.3 工作推进存在政策瓶颈,仍需协调解决

基层反映秸秆综合利用存在相关政策瓶颈,如江苏省明确秸秆机械化还田作为“约束性”任务,省级秸秆机械化还田专项资金不得统筹使用,且特别提出“凡是秸秆离田的不得享受还田作业补助”。与秸秆还田相比,秸秆离田对地方财政依赖程度大。生物质电厂是秸秆能源化利用的重要主体,2020年财政部等三部委规定“生物质发电利用时长达到82500h或机组并网年限达到15年的,将不再享受中央财政补贴资金”,受此政策限制和超低排放标准的执行,江苏国信盐城生物质发电有限公司、江苏宏东生物质能热电有限公司、国能射阳生物发电有限公司、都市环保新能源开发大丰有限公司均已停产,

而盐城市离田秸秆对生物质电厂消化的依赖性较大。

### 3.4 农业主体绿色生态发展理念还不够强,仍需宣传引导

当前,盐城市农业从业主体生产规模不一、生产模式多样,尤其是千家万户式种养的小农户还占较大比例,绿色生产的认识和意识不平衡性较大,农作物秸秆乱抛乱弃现象时有发生。

## 4 对策与建议

盐城市稻麦秸秆体量巨大,利用好了是资源,利用不好会对生产、环境带来压力和挑战。当前,全市离田秸秆的“去处”还待拓展,秸秆资源化、商品化程度还不够高,机械化还田仍是秸秆综合利用的主要途径,在稻麦秸秆大面积全量离田条件还不完全具备的情形下,提升秸秆资源化利用水平,探索符合盐城实际的秸秆综合利用的路径显得尤为重要和迫切。立足当前、着眼长远,应着力在以下4个方面寻求突破。

### 4.1 坚持离还并举思路不动摇,因势利导推进秸秆综合利用

近几年,江苏省下达盐城市秸秆机械化还田率指标任务为52%,江苏省财政每年安排盐城市约1.7亿元资金进行奖补。鉴于此,应坚持离还并举总体思路不动摇,协调处理好还田和离田工作,因势利导,不搞一刀切,在确保完成省定还田指标的前提下,下大力气推进秸秆离田综合利用。

### 4.2 坚持政策要素保障再发力,齐抓共管凝聚强大工作合力

在江苏省财政秸秆还田资金和农机购置资金补助方向无法改变、秸秆按量补助省切块资金规模短时间无法增加的情况下,需要加大市县政策扶持力度。目前,盐城市扶持以资金奖补为主,政策较为单一,尚未形成全面系统的政策体系。秸秆综合利用涉及农业、工业、能源等多个方面,应建立多部门协同机制,在资金、科技、用地、金融等方面构建系统完备的秸秆产业化利用政策体系<sup>[6]</sup>,加大对收储和利用主体的支持力度。

### 4.3 坚持秸秆离田利用多途径,突出重点大力招引产业化发展项目

解决盐城市秸秆离田后的去向问题,重点应在燃料化和饲料化利用上发力,兼顾工业原料化利用。可以结合盐城市肉牛、奶牛、肉羊产业发展,依托光明奶牛、乾宝湖羊等规模养殖场,扩大秸秆饲料化利用规模。积极引进外省、市的秸秆经纪人,帮助消纳盐城市秸秆量。在培育壮大当地利用主体的同时,紧盯市场需求和产业发展前景,着力招引秸秆综合利用大项目、大主体、大企业,提升盐城市秸秆产业化利用水平。

### 4.4 坚持部门服务指导全程化,多措并举提升秸秆利用工作效能

加强对秸秆综合利用的全过程、全环节服务指导,主动搭建离田、收储和利用三大主体沟通交流平台,认真落实秸秆综合利用奖补政策,积极向上争取中央秸秆综合利用重点县项目扶持,了解掌握市场行情,加强秸秆制品产销衔接,帮助利用主体拓展销售渠道。跟踪对接重大项目推进进展,协调解决推进过程中存在的实际困难,推动项目尽快落地见效。同时,充分利用广播、电视、报纸、网络等媒体广泛开展宣传培训,解读发展农作物秸秆资源化利用的相关政策措施,引导农民增强绿色发展理念,应用农业绿色生产技术模式,营造全社会共同支持秸秆产业化利用的良好氛围。

## 参考文献:

- [1] 毕于运,高春雨,王红彦,等. 我国农作物秸秆离田多元化利用现状与策略[J]. 中国农业资源与区划,2019,40(9):1-11.
- [2] 辛 欣. 定州市探索零散秸秆综合利用模式实现农作物秸秆全量化利用[J]. 河北农业,2022(6):37-38.
- [3] 杨 艺,彭 华,邓 凯,等. 农作物秸秆纤维提取技术研究进展[J]. 农业环境科学学报,2023,42(11):2386-2397.
- [4] 董闯烨,齐 锦,张 峰,等. 秸秆青黄贮与裹包微贮技术研究[J]. 河北农机,2023(17):19-21.
- [5] 袁 威,邓永锋,陈小兵,等. 秸秆排水板室内降解试验及现场应用[J]. 东南大学学报(自然科学版),2023,53(3):402-409.
- [6] 李 安,华 朵,陈美竹,等. 乡村振兴背景下发展循环农业经济的路径研究——以秸秆综合利用为例[J]. 再生资源与循环经济,2024,17(2):4-8.

## Practice and Exploration of Comprehensive Utilization of Crop Straw off Field in Yancheng

WANG Yajie<sup>1</sup>, JIANG Quan<sup>1</sup>, XU Peng<sup>1</sup>, TAN Guangmei<sup>2</sup>, LONG Naiyun<sup>2</sup>, GU Shiwen<sup>3</sup>

(1. Yancheng Agricultural Environment Monitoring Station of Jiangsu Province, Yancheng 224002, China; 2. Yancheng Agricultural and Rural Bureau, Yancheng 224002, China; 3. Comprehensive Agricultural Technology Service Center of Tinghu District, Yancheng City, Yancheng 224002, China)

**Abstract:** Agricultural green development is the most basic and close part of the construction of the low-carbon circular development economic system. Promoting straw burning ban and promoting comprehensive utilization of straw are important measures to help carbon peaks and carbon neutrality. In the context of the “double carbon”, this paper described the status of the comprehensive utilization of the crop straw in Yancheng, introduced the work measures to promote the comprehensive utilization of crop straw off fields, analyzed the bottleneck in the work of crop straw off fields, and put forward countermeasures and suggestions for improving the comprehensive utilization level of crop straw, so as to explore the establishment of sustainable and extendable industrial development models and efficient utilization mechanisms to lead the comprehensive utilization of crop straw to increase quality and efficiency.

**Key Words:** Crop straw; Leaving field; Comprehensive utilization; Countermeasure; Suggestion

(上接第 63 页)

## Design and Application of Fully Automatic Grass Plant Factory

WANG Zhiran<sup>1,3</sup>, ZHOU Zengchan<sup>1,2,3</sup>, MA Tie<sup>1,3</sup>, ZHANG Dong<sup>1,3</sup>, YAO Tao<sup>1,3</sup>, HU Fusheng<sup>1,3</sup>, JIANG Peng<sup>1,3</sup>, ZHANG Haowen<sup>1,3</sup>, GAO Yipin<sup>1,3</sup>

(1. Beijing Agricultural Machinery Research Institute Co., Ltd., Beijing 100096, China; 2. Beijing Kingpeng International Hi-tech Corporation, Beijing 100094, China; 3. Beijing Plant Factory Engineering Technology Research Center, Beijing 100094, China)

**Abstract:** The fully automatic grass plant factory is a combination of the cultivation process characteristics and growth environment requirements of grass by Beijing Agricultural Machinery Institute. Based on plant factory technology, it integrates fully automatic three-dimensional cultivation racks, fully automatic seeders, harvesting and cleaning equipment, and disinfection equipment. It realizes the entire automated production process of grass from soaking, germination, sowing, cultivation to harvesting, and precisely controls environmental factors through an intelligent control system, which realizes full automation of forage production. The grass plant factory can also replace planting boards for leafy vegetable seedling cultivation, various sprout vegetable planting and production, achieving a “workshop” with multiple uses and broad market prospects.

**Key Words:** Barley; Plant factory; Fully automatic three-dimensional cultivation rack; Intelligent equipment; Production process

张伟龙, 高 鸣, 高 忠, 等. 优质抗除草剂谷子公谷 89 的选育与应用 [J/OL]. 大麦与谷类科学, 2024, 41(2): 69–71, 76. <https://doi.org/10.14069/j.cnki.32-1769/s.2024.02.013>.

# 优质抗除草剂谷子公谷 89 的选育与应用

张伟龙, 高 鸣, 高 忠, 周柏卉, 李淑杰\*, 杨永志, 徐 晨

[吉林省农业科学院(中国农业科技东北创新中心), 吉林 长春 130000]

**摘要:** 公谷 89 是吉林省农业科学院作物资源研究所选育的优质谷子新品种, 于 2021 年 10 月正式通过国家非主要农作物品种登记, 编号为 GDP 谷子(2021)220041。该品种株高 89.9 cm, 穗长 23.7 cm, 单穗质量 17.47 g, 单穗粒质量 14.2 g, 千粒质量 2.8 g, 穗呈圆筒形, 刚毛长度短, 出谷率 80.25%, 生育期 125 d, 抗除草剂(烯禾啶), 抗病性强, 适宜机械化收获, 米质优良, 被评为“一级优质米”, 适宜在东北春谷区生产种植, 有广阔的应用前景和推广价值。

**关键词:** 谷子; 公谷 89; 抗除草剂; 栽培技术

**中图分类号:** S515

**文献标志码:** B

**文章编号:** 1673-6486-20230252

谷子是我国古老的粮食作物, 被誉为“粟中之冠”, 是古老的粟类作物, 在世界上也享有盛名<sup>[1-2]</sup>。谷子营养丰富均衡, 同时具有耐旱、耐瘠薄、适应性强等优点, 在我国北方土壤瘠薄、干旱少雨地区仍为重要的粮食作物, 在粮食安全中发挥着不可替代的作用<sup>[3]</sup>。

为解决东北春谷区优质、易机收、轻简化栽培谷子品种短缺问题, 吉林省农业科学院作物资源研究所开展谷子新品种开发研究, 经过多年努力, 选育出谷子优质新品种公谷 89, 该品种在 2021 年 12 月全国第十四届优质食用粟米评选中被评为“一级优质米”, 证书编号: 14-C1-18。公谷 89 株高约 90 cm, 抗倒伏, 适宜机械化收获; 白皮黄米, 适口性佳; 抗性强, 抗谷子白发病、黑穗病和谷瘟病等; 抗烯禾啶类除草剂, 可有效控制禾本科杂草。该品种适宜在东北和内蒙古等春谷区推广种植。

## 1 公谷 89 亲本来源及选育过程

### 1.1 亲本来源

母本公矮 2 号是以夏谷矮 88 × 春谷 79128 的

衍生系为母本, 以夏谷郑矮 2 号 × 春谷 80026 的衍生系为父本, 经人工有性杂交选育而成。母本公矮 2 号 2004 年通过吉林省品种审定委员会审定(吉审谷 2004002), 2019 年通过国家非主要农作物品种登记[GDP 谷子(2019)220058]。父本冀谷 39 是 2012 年从河北省农林科学院引进的抗除草剂(烯禾啶)稳定新品系, 品质达到国家一级优质米。

### 1.2 选育过程

2012 年夏以公矮 2 号为母本、河北省农林科学院抗烯禾啶材料冀谷 39 为父本配制杂交组合获得 F<sub>0</sub>, 同年冬季海南加代 F<sub>1</sub>; 2013 年 F<sub>2</sub> 抗除草剂筛选, 选育出株高较矮与母本株型相似植株; 采用系谱法对后代材料进行南繁北育, 着重选择株高矮、分蘖力强、品质优良和抗逆性强等特点的植株。育成品种于 2021 年 10 月通过国家非主要农作物品种登记, 2020—2021 年进行东北春谷区扩区试验, 2022 年 8 月完成国家扩区品种登记, 其系谱图如图 1 所示。

## 2 公谷 89 品种特征特性

### 2.1 农艺性状

公谷 89 生育期为 125 d, 幼苗绿色, 顶端猫耳叶尖形, 圆筒形穗, 株高 89.9 cm, 穗长 23.7 cm, 穗松紧适中, 刚毛长度短, 单码籽粒数中等, 穗质量 17.47 g, 穗粒质量 14.2 g, 千粒质量 2.8 g, 出谷率 80.25%(表 1)。

### 2.2 品质

2019 和 2020 年经农业农村部谷物及制品质量

收稿日期: 2023-09-04; 修回日期: 2024-01-31。

基金项目: 国家谷子高粱产业技术体系(CARS-06-14.5-B18); 吉林省农业科技创新工程项目(CXGC2021TD111)。

作者简介: 张伟龙(1978—), 男, 硕士, 研究员, 主要从事抗除草剂谷子育种与栽培技术及谷子杂种优势利用研究。  
Email: zhangwl999@126.com。

\* 通信作者: 李淑杰(1963—), 女, 研究员, 主要从事谷子栽培及育种研究。Email: shujie-li@163.com。

监督检验测试中心(哈尔滨)测定:公谷 89 籽粒粗蛋白含量(质量分数,下同)11.8%,粗脂肪含量 3.80%,胶稠度 125 mm,糊化温度 4.9 级(碱消指数

级别),直链淀粉含量 24.7%,赖氨酸含量 0.21%。公谷 89 的谷粒黄色,米色鲜黄,适口性佳,粳性(表 2)。



图 1 公谷 89 选育系谱图

表 1 公谷 89 主要农艺性状

| 年份   | 出苗—<br>抽穗 /<br>d | 抽穗—<br>成熟 /<br>d | 生育<br>期 /<br>d | 苗<br>色 | 穗数 /<br>(万个 /<br>667 m <sup>2</sup> ) | 株高<br>/cm | 穗长<br>/cm | 穗<br>松<br>紧 | 刚<br>毛<br>长<br>短 | 穗<br>型 | 单穗<br>质量 /<br>g | 穗粒<br>质量 /<br>g | 出谷<br>率 /<br>% | 千粒<br>质量 /<br>g | 谷<br>粒<br>颜<br>色 | 小<br>米<br>颜<br>色 |
|------|------------------|------------------|----------------|--------|---------------------------------------|-----------|-----------|-------------|------------------|--------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|------------------|------------------|
| 2019 | 70               | 54               | 124            | 绿      | 4                                     | 93.3      | 23.2      | 中           | 短                | 圆筒     | 17.52           | 14.3            | 80.49          | 2.7             | 黄                | 黄                |
| 2020 | 70               | 56               | 126            | 绿      | 4                                     | 86.5      | 24.2      | 中           | 短                | 圆筒     | 17.42           | 14.1            | 80.01          | 2.9             | 黄                | 黄                |
| 平均   | 70               | 55               | 125            | 绿      | 4                                     | 89.9      | 23.7      | 中           | 短                | 圆筒     | 17.47           | 14.2            | 80.25          | 2.8             | 黄                | 黄                |

表 2 公谷 89 品质分析结果

| 年份   | 粗蛋白含量 /% | 粗脂肪含量 /% | 胶稠度 /mm | 碱消指数 / 级 | 直链淀粉含量 /% | 赖氨酸含量 /% |
|------|----------|----------|---------|----------|-----------|----------|
| 2019 | 11.7     | 3.85     | 124     | 4.9      | 24.8      | 0.21     |
| 2020 | 11.9     | 3.75     | 126     | 4.9      | 24.6      | 0.21     |
| 平均   | 11.8     | 3.80     | 125     | 4.9      | 24.7      | 0.21     |

## 2.3 抗性

2019 和 2020 年公谷 89 在吉林省农业科学院植物保护研究所鉴定圃人工接种鉴定:2 年综合评价 5 级中抗谷子白发病,5 级中抗谷瘟病,5 级中抗谷子黑穗病。

## 3 公谷 89 产量表现

2019 和 2020 年参加吉林省谷子品种区域适应性试验,公谷 89 平均产量为 348.65 kg/667 m<sup>2</sup>,较对照公谷 71(319.58 kg/667 m<sup>2</sup>)增产 9.1%,增产达到显著水平(表 3)。

表 3 公谷 89 区域适应性试验结果

| 试点          | 2019 年                        |           |                | 2020 年                        |           |                |
|-------------|-------------------------------|-----------|----------------|-------------------------------|-----------|----------------|
|             | 产量 / (kg/667 m <sup>2</sup> ) |           | 较 CK<br>增产 / % | 产量 / (kg/667 m <sup>2</sup> ) |           | 较 CK<br>增产 / % |
|             | 公谷 89                         | 公谷 71(CK) |                | 公谷 89                         | 公谷 71(CK) |                |
| 吉林省农业科学院    | 387.0                         | 352.0     | 9.9            | 423.9                         | 399.2     | 6.2            |
| 吉林市农业科学院    | 365.3                         | 320.5     | 14.0           | 334.5                         | 332.0     | 0.8            |
| 白城市农业科学院    | 313.5                         | 295.7     | 6.0            | 275.6                         | 271.1     | 1.7            |
| 双辽市农业技术推广中心 | 369.8                         | 279.8     | 32.2           | 297.2                         | 256.7     | 15.8           |
| 长岭县农业技术推广中心 | 395.2                         | 360.7     | 9.6            | 359.3                         | 367.6     | -2.3           |
| 扶余县农业技术推广站  | 328.8                         | 298.8     | 10.0           | 334.0                         | 300.7     | 11.1           |
| 平均          | 359.9                         | 317.9     | 13.2           | 337.4                         | 321.2     | 5.0            |

## 4 公谷 89 栽培技术要点

### 4.1 播前准备

**4.1.1 选择地块。**谷子是一种耐旱作物,对土壤要求不高,一般砂壤土为好,忌连作,避免重茬和迎茬。

**4.1.2 整地与施肥。**在前茬作物收获后应及时耕翻整地,并施足底肥。一般在土壤肥力较好的情况下,氮磷钾复合肥用量 250 ~ 300 kg/hm<sup>2</sup>。整地时,可将上述肥料均匀撒于地面,用旋耕机进行深耕,耕深 25 cm 左右,耕后耙平压实。

**4.1.3 种子处理。**谷子播种前 1 周,对种子晾晒 2 ~ 3 d,然后将种子用 10% 盐水浸种 2 h 后捞出,去除秕谷、草籽和杂质等,用清水洗净、晾干后即可播种。

### 4.2 播种要点

**4.2.1 播种时期。**春谷区在每年的 4 月末至 5 月上旬播种。在适播期内应尽早播种,避免因播期过晚影响正常成熟,具体要根据当地的气候条件及土壤墒情来决定。

**4.2.2 播种方式与播量。**采用条播或穴播的方式播种,行距 60 cm,机播播种量为 4 ~ 5 kg/hm<sup>2</sup>,保苗密度为 50 万 ~ 60 万株 /hm<sup>2</sup>。

### 4.3 田间管理

**4.3.1 中耕除草。**谷子出苗后及时进行中耕除草,提高土壤通透性。该品种为抗烯禾啉类除草剂品种,可在苗期 3 ~ 5 片叶时,选择无风晴天,利用烯禾啉类除草剂垄上均匀喷雾,如 0.25% 烯禾啉 40 kg/667 m<sup>2</sup>。

**4.3.2 水肥管理。**在灌溉方面要根据土壤水分情况

进行灌水。在追肥方面,根据苗情追肥,苗情较好的地块可少施或不施追肥。追肥要结合灌水进行,一般追尿素 75 ~ 150 kg/hm<sup>2</sup>。

**4.3.3 病虫害防治。**谷子易受条锈病、白发病、谷瘟病等病害和蚜虫、黏虫等害虫的危害,根据发病情况和虫情进行针对性防治。

### 4.4 收获要点

谷子收获时期会影响谷子的产量和品质。该品种满足联合收获条件,在谷子蜡熟末期或完熟初期,谷穗断青、籽粒变硬时,采用联合收获机进行收获。

### 4.5 适宜种植区域

公谷 89 适宜在春谷生态区吉林省长春、四平、吉林、白城、松原,黑龙江省肇源、肇东、大庆,辽宁省阜新、朝阳、建平,内蒙古自治区赤峰、通辽、乌兰浩特等 ≥ 10 ℃、活动积温 2 600 ℃ 以上地区春季种植<sup>[9]</sup>。

## 参考文献:

- [1] 李顺国,刘 斐,刘 猛,等. 中国谷子种植历史演变及未来发展方向[J]. 粮油食品科技,2022,30(4):60-67.
- [2] 李顺国,刘 斐,赵文庆,等. 中国谷子种业:发展历程、融合模式与路径选择[J]. 农业现代化研究,2023,44(1):32-43.
- [3] 张云舒,王治国,付彦博,等. 氮肥施用量对膜下滴灌谷子生长及产量的影响[J]. 新疆农业科学,2017,54(6):1061-1065.
- [4] 李淑杰,高 鸣,胡喜连,等. 优质、抗除草剂谷子新品种公谷 80 的创制与应用[J]. 东北农业科学,2017,42(6):8-9.
- [5] 张伟龙,高 鸣,高 忠,等. 抗除草剂谷子新品种公谷 88 及简化栽培技术[J]. 中国种业,2020(8):103-104.

(下转第 76 页)

张善磊,崔小平,王卫军,等. 优质高产小麦新品种富麦 999 的选育及主要特征特性[J/OL]. 大麦与谷类科学,2024,41(2):72–76.  
https://doi.org/10.14069/j.cnki.32-1769/s.2024.02.014.

# 优质高产小麦新品种富麦 999 的选育及主要特征特性

张善磊<sup>1</sup>,崔小平<sup>1\*</sup>,王卫军<sup>1</sup>,田胜营<sup>1</sup>,赵 壁<sup>2,3</sup>,许 稳<sup>2,3</sup>,刘晓飞<sup>1</sup>,赖上坤<sup>1</sup>,赖尚科<sup>1</sup>

(1. 江苏省农业科学院宿迁农科所,江苏 宿迁 223800;2. 安徽省创富种业有限公司,安徽 合肥 230000;

3. 安徽夏兴种业有限公司,安徽 蚌埠 233000)

**摘要:**富麦 999 是江苏省农业科学院宿迁农科所、安徽省创富种业有限公司和安徽夏兴种业有限公司以济麦 22 为母本、(太空 6 号/山农 16) $F_1$  为父本杂交,利用系谱法选育而成的半冬性优质高产小麦新品种。区域试验结果显示,该品种全生育期 222.7 d,株高 81.9 cm,有效穗数 649.5 万个/hm<sup>2</sup>,成穗率 40.2%,穗粒数 31.9 粒/穗,千粒质量 46.9 g;中感赤霉病、感纹枯病、中感-中抗白粉病;2023 年通过安徽省农作物品种审定委员会审定(审定编号:皖审麦 2023L022),适宜在安徽省淮北及沿淮地区种植。

**关键词:**富麦 999;小麦;特征特性;栽培技术

**中图分类号:**S512.1

**文献标志码:**B

**文章编号:**1673-6486-20230267

小麦是世界各地广泛种植的禾本科植物,其籽粒磨制面粉可以制作面条、馒头、蛋糕、面包等,是人类食物中能量和营养的重要来源<sup>[1-3]</sup>。我国是全球最大的小麦生产和消费国,年种植面积 2 300 万 hm<sup>2</sup> 左右,总产 13 700 万 t 左右,分别占我国粮食作物总面积和谷物总产的 22%、21%以上,对保障国家粮食安全有着举足轻重的地位<sup>[3-6]</sup>。近年来,随着种植结构的调整,小麦实播面积呈现逐年降低的态势。此外,人们生活水平的提高和饮食结构的变化,促使食品加工部门对小麦的品质要求也越来越高,加之灾害性天气频发和劳动力成本增加等因素影响,选育和推广产量高、品质优、综合抗性好的小麦新品种,不仅是顺应市场发展的需要,也是大幅提高小麦总产量和加工品质的有效途径<sup>[7-8]</sup>。

在此背景下,江苏省农业科学院宿迁农科所、安徽省创富种业有限公司和安徽夏兴种业有限公司以济麦 22 为母本、太空 6 号/山农 16 的  $F_1$  杂种为父本杂交配组,后代经过 7 代系统选育,于 2017 年育成产量高、稳产性好、广适性与抗逆性强、籽粒品质好的半冬性小麦新品种富麦 999,2023 年通过安

徽省农作物品种审定委员会审定(审定编号:皖审麦 2023L022)。本文主要介绍了富麦 999 的选育经过、特征特性和栽培技术要点,以为富麦 999 的推广应用提供参考依据。

## 1 富麦 999 选育经过

为了选育产量高、籽粒品质优、早熟性好的小麦新品种,2010 年春以山东省农业科学院作物研究所育成的优质高产小麦品种济麦 22 为母本、(太空 6 号×山农 16) $F_1$  为父本杂交,成熟后混收。2010—2011 年度种植  $F_1$  代 90 株,去除与济麦 22 相同的假杂种后混收成熟的种子;2011—2012 年度种植  $F_2$  世代群体,并尽可能多地保留不同类型的单株;2012—2015 年度种植  $F_3$ — $F_3$  世代,每个世代分别按单株种植成小区,成熟后收获优良小区中的优异单株种子继续加代种植;2015—2016 年度选择早熟性好、产量三要素协调和综合抗性优良的稳定小区混收,分小区晾干、清选并进行室内籽粒品质鉴定,淘汰饱满度差、病粒率高等品质差的小区;2016—2017 年度在江苏省农业科学院宿迁农科所泗阳试验基地和安徽省创富种业有限公司埇桥试验基地进行 2 地鉴定试验,其中编号为 JD1706 的小区植株稳定一致,长相清秀,抗性及其农艺性状好,籽粒品质佳,留种进行多点试验并暂定名“富麦 999”;2017—2019 年在安徽宿州、濉溪、蒙城、固镇、凤台等地进行连续 2 年多点比较试验,富麦 999 表现综

收稿日期:2023-11-10;修回日期:2024-01-31。

基金项目:江苏省种业振兴揭榜挂帅项目(JBGS[2021]046);宿迁市农业科技自主创新资金(SQCX202302)。

作者简介:张善磊(1990—),男,硕士,助理研究员,主要从事小麦遗传育种研究。Email: 415407262@qq.com。

\* 通信作者:崔小平(1974—),女,硕士,研究员,主要从事小麦遗传育种研究。Email: 445218818@qq.com。

合农艺性状好、熟期早、抗倒性和抗寒性强、籽粒品质好、抗病性好、产量高等特点。2019—2021 年度推荐参加安徽省徽创小麦联合体半冬性品种区域试验,综合表现好,续试进入生产试验。2021—2022 年

度参加安徽省徽创小麦联合体半冬性品种生产试验,2023 年通过安徽省审定(皖审麦 2023L022),定名“富麦 999”,适宜在安徽省淮北及沿淮地区种植。选育过程见图 1。

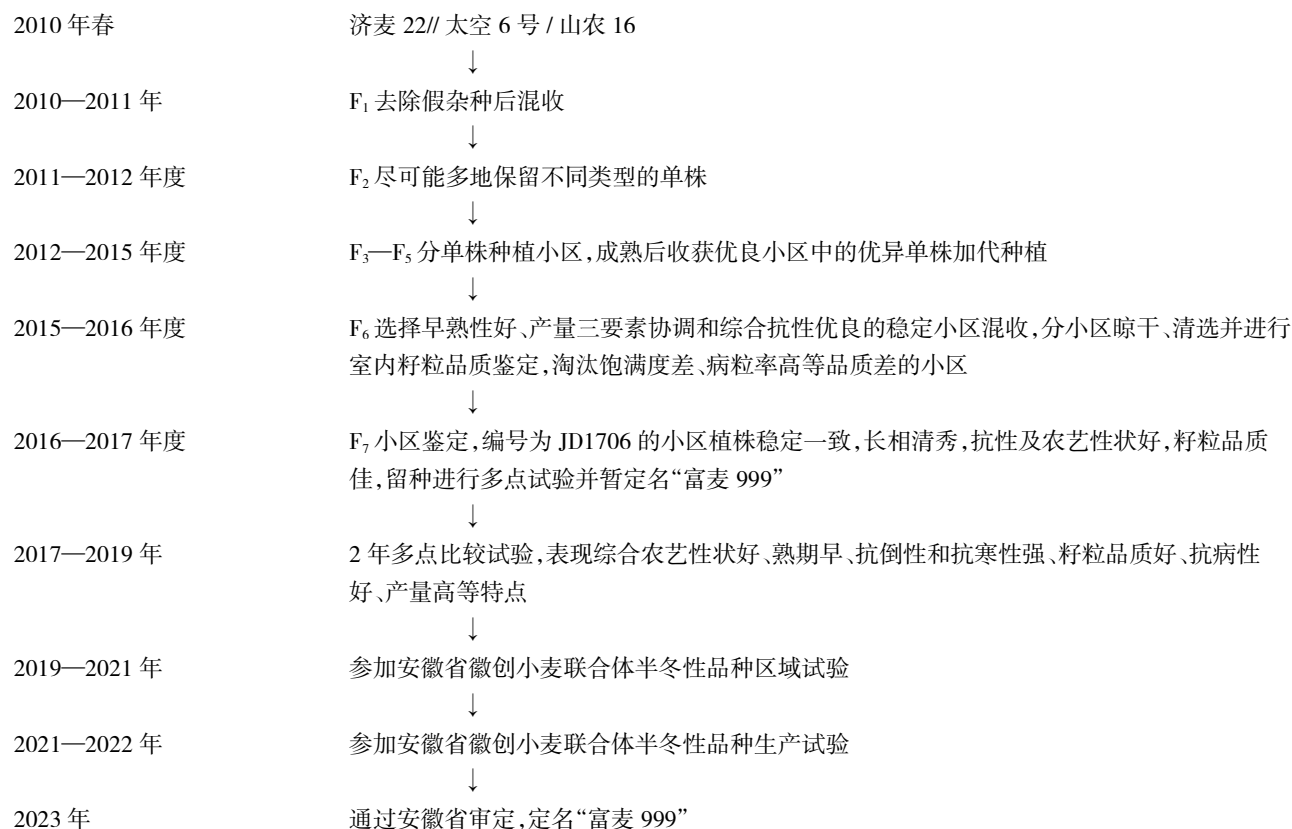


图 1 富麦 999 的选育过程

## 2 富麦 999 特征特性

### 2.1 主要农艺性状与形态特征

富麦 999 属半冬性品种,幼苗半直立,苗势强、长势健壮,叶片绿色、中到宽,冬季抗寒性好,春季较耐倒春寒。株型半紧凑,茎秆蜡粉重,长相清秀,旗叶大小适中、斜上举,穗层整齐,熟相好。穗纺锤型,长芒,白壳,籽粒白色、角质、饱满度好。2019—2021 年度参加安徽省徽创小麦联合体半冬性品种区域试验,全生育期 222.7 d,较对照品种济麦 22 早熟 1 d 左右。株高 81.9 cm,茎秆弹性好,抗倒性强。植株分蘖能力强,成穗较多,若基本苗为 258.0 万~283.5 万株/hm<sup>2</sup>,则最高茎蘖数达 1 561.5 万~1 660.5 万个/hm<sup>2</sup>,有效穗数达 648.0 万~690.0 万个/hm<sup>2</sup>,成穗率为 39.0%~41.3%。富麦 999 穗长度中,小穗着生密度中,穗粒数 31.8~35.7 粒/穗,2 年区域试验平均千粒质量 46.9 g(表 1)。

### 2.2 产量表现

富麦 999 的中间试验结果表明,该品种增产潜力大,稳产性好(表 2)。在 2019—2021 年度区域试验中没有出现倒伏和减产试点,其中:2019—2020 年度 7 个试点平均产量 8 031.8 kg/hm<sup>2</sup>,产量位居第 4,较对照品种济麦 22 增产 4.4%,增产幅度 1.4%~7.4%,固镇试点的增产幅度最高,与其他试点的产量构成因素相比,该点的有效穗数和千粒质量较高;2020—2021 年度 8 个试点平均产量 8 020.2 kg/hm<sup>2</sup>,产量位居第 3,较对照品种济麦 22 增产 8.4%,增产幅度 2.1%~14.8%,宿州试点的增产幅度最高,与其他试点相比,该点穗粒数较多,籽粒灌浆充实度好,千粒质量较高。2021—2022 年度生产试验平均产量 9 551.4 kg/hm<sup>2</sup>,较对照增产 5.4%,7 个试点中有 6 个增产、1 个减产,增产幅度最高的试点为阜阳点,该点表现大穗多粒。由此可见,以穗数为基础,通过促进大穗增加粒数,促进灌浆提高粒质量,可实现增产目标。

表 1 富麦 999 中间试验中的主要农艺性状和产量性状表现

| 试验组别              | 全生育期 /<br>d | 株高 /<br>cm | 基本苗 /<br>(万株 /hm <sup>2</sup> ) | 最高茎蘖数 /<br>(万个 /hm <sup>2</sup> ) | 有效穗数 /<br>(万个 /hm <sup>2</sup> ) | 成穗率 /<br>% | 穗粒数 /<br>(粒 /穗) | 千粒质量 /<br>g |
|-------------------|-------------|------------|---------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|------------|-----------------|-------------|
| 区域试验 2019—2020 年度 | 222.3       | 85.6       | 258.0                           | 1 578.0                           | 651.0                            | 41.3       | 31.8            | 46.0        |
| 2020—2021 年度      | 223.1       | 78.2       | 277.5                           | 1 660.5                           | 648.0                            | 39.0       | 31.9            | 47.8        |
| 平均                | 222.7       | 81.9       | 267.8                           | 1 619.3                           | 649.5                            | 40.2       | 31.9            | 46.9        |
| 生产试验 2021—2022 年度 | 216.3       | 76.7       | 283.5                           | 1 561.5                           | 690.0                            | 44.2       | 35.7            | 43.6        |

表 2 富麦 999 中间试验中的产量表现

| 试验组别                 | 试点 | 产量 /<br>(kg/hm <sup>2</sup> ) | 较对照增产 /<br>% | 产量位次 | 有效穗数 /<br>(万个 /hm <sup>2</sup> ) | 穗粒数 /<br>(粒 /穗) | 千粒质量 /<br>g |
|----------------------|----|-------------------------------|--------------|------|----------------------------------|-----------------|-------------|
| 2019—2020 年度<br>区域试验 | 濉溪 | 8 925.0                       | 2.8          | 7    | 771.0                            | 35.4            | 42.3        |
|                      | 宿州 | 7 265.0                       | 5.8          | 4    | 643.5                            | 31.7            | 42.5        |
|                      | 蒙城 | 8 197.5                       | 4.3          | 5    | 615.0                            | 31.4            | 49.7        |
|                      | 利辛 | 8 360.0                       | 4.6          | 5    | 624.0                            | 31.0            | 50.1        |
|                      | 明光 | 7 405.1                       | 4.4          | 5    | 619.5                            | 28.9            | 45.5        |
|                      | 固镇 | 9 275.0                       | 7.4          | 1    | 648.0                            | 31.5            | 48.6        |
|                      | 萧县 | 6 795.0                       | 1.4          | 7    | 634.5                            | 32.7            | 43.5        |
|                      | 平均 | 8 031.8                       | 4.4          | 4    | 650.8                            | 31.8            | 46.0        |
| 2020—2021 年度<br>区域试验 | 濉溪 | 8 397.0                       | 8.0          | 2    | 753.0                            | 27.3            | 46.2        |
|                      | 宿州 | 8 245.5                       | 14.8         | 1    | 618.0                            | 31.9            | 49.6        |
|                      | 蒙城 | 8 149.5                       | 2.1          | 5    | 655.5                            | 29.7            | 48.1        |
|                      | 阜阳 | 8 085.0                       | 5.1          | 4    | 631.5                            | 36.7            | 45.0        |
|                      | 明光 | 7 783.5                       | 11.3         | 1    | 609.0                            | 30.2            | 45.3        |
|                      | 固镇 | 9 250.5                       | 7.2          | 2    | 648.0                            | 29.8            | 48.2        |
|                      | 界首 | 7 687.8                       | 12.2         | 2    | 651.0                            | 39.2            | 55.8        |
|                      | 萧县 | 6 562.5                       | 6.4          | 6    | 619.5                            | 30.4            | 44.2        |
|                      | 平均 | 8 020.2                       | 8.4          | 3    | 648.2                            | 31.9            | 47.8        |
| 2021—2022 年度<br>生产试验 | 固镇 | 10 506.0                      | 7.8          | 3    | 753.0                            | 36.8            | 41.0        |
|                      | 界首 | 8 524.5                       | -1.7         | 5    | 850.5                            | 36.4            | 46.2        |
|                      | 宿州 | 9 498.0                       | 6.1          | 2    | 700.5                            | 37.6            | 42.1        |
|                      | 蒙城 | 9 877.5                       | 4.6          | 3    | 618.0                            | 31.8            | 43.2        |
|                      | 阜阳 | 9 673.5                       | 8.8          | 1    | 622.5                            | 36.9            | 43.6        |
|                      | 明光 | 8 347.5                       | 8.0          | 2    | 583.5                            | 36.1            | 42.3        |
|                      | 萧县 | 10 432.5                      | 4.1          | 2    | 705.0                            | 34.0            | 47.0        |
|                      | 平均 | 9 551.4                       | 5.4          | 2    | 690.4                            | 35.7            | 43.6        |

### 2.3 籽粒品质

富麦 999 籽粒角质,胚乳结构紧密,外观商品性好。据农业农村部谷物品质监督检验测试中心(哈尔滨)对 2 年区域试验送样检测,富麦 999 容重

831 g/L,粗蛋白(干基)含量(质量分数,下同)15.34%,湿面筋含量(以 14%水分计)35.8%,吸水量 62.3 mL/100 g,稳定时间 3.4 min,最大拉伸阻力 173.5 E.U.,延伸性 175.5 mm,能量 44 cm<sup>2</sup>(表 3)。

表 3 富麦 999 中间试验中的品质检测结果

| 区域试验年度    | 容重 /<br>(g/L) | 粗蛋白<br>(干基)含量 /% | 湿面筋含量<br>(14%水分计)/% | 吸水量 /<br>(mL/100 g) | 稳定时间 /<br>min | 最大拉伸阻力<br>(Rm,135)/E.U. | 延伸性<br>(E,135)/mm | 能量 /<br>cm <sup>2</sup> |
|-----------|---------------|------------------|---------------------|---------------------|---------------|-------------------------|-------------------|-------------------------|
| 2019—2020 | 832           | 14.57            | 35.6                | 61.7                | 3.6           | 193.0                   | 166.0             | 47                      |
| 2020—2021 | 830           | 16.10            | 35.9                | 62.8                | 3.2           | 154.0                   | 185.0             | 41                      |
| 平均        | 831           | 15.34            | 35.8                | 62.3                | 3.4           | 173.5                   | 175.5             | 44                      |

## 2.4 抗性表现

富麦 999 在 2019—2021 年度中间试验中,安徽省主要农作物品种抗病性研究与鉴定中心对其赤霉病、白粉病和纹枯病抗性进行了接种鉴定(表 4)。2019—2020 年该品种的赤霉病平均严重度 3.20,表

现为中感;白粉病平均病级 3,表现为中抗;纹枯病平均病情指数 56,表现为感病。2020—2021 年度该品种的赤霉病平均严重度 3.30,表现为中感;白粉病平均病级 5,表现为中感;纹枯病平均病情指数 60,表现为感病。

表 4 富麦 999 中间试验中的抗性鉴定结果

| 区域试验年度    | 赤霉病   |      | 白粉病  |      | 纹枯病    |      |
|-----------|-------|------|------|------|--------|------|
|           | 平均严重度 | 抗性评价 | 平均病级 | 抗性评价 | 平均病情指数 | 抗性评价 |
| 2019—2020 | 3.20  | MS   | 3    | MR   | 56     | S    |
| 2020—2021 | 3.30  | MS   | 5    | MS   | 60     | S    |

注:HR、R、MR、MS、S、HS 分别表示高抗、抗病、中抗、中感、感病、高感。

## 3 富麦 999 栽培技术要点

生产中要合理控制基本苗,保持适宜的茎蘖数,着力改善产量三要素的协调性,科学构建高产群体,提高品种的种植效益。

### 3.1 适期播种

在淮北及沿淮地区种植,适宜播期为 10 月 8—20 日,播种基本苗为 240 万~270 万株/hm<sup>2</sup>。对于播种较晚、整地质量差、土壤肥力水平低等地块应酌情增加播量。提倡选用带有镇压装置的机械播种,以便于一次性完成播种、覆土、镇压等复式作业。机械播种时要足墒下种,落籽均匀,深浅一致,地头整齐,无漏播,不重播。

### 3.2 防涝防旱

小麦播后开好三沟,对于开沟过浅或塌墒、堵塞的地块应及时清理,疏通内外沟系,确保排灌顺畅。播后如遇干旱,根据小麦生长发育期间的需水规律和土壤墒情,精准确定灌溉水量和灌溉时间,防止田间积水,营造适宜的田间湿度环境。

### 3.3 科学施肥

有机肥和磷钾肥随旋耕施入作为基肥,氮肥运

筹根据“前促、中控、后攻”的原则,一般施用纯氮 240~270 kg/hm<sup>2</sup>,采用 6:4 的基追比进行,即:基苗肥占总氮肥量的 60%,以促进壮苗越冬及防控春季旺长;抽穗后小麦由营养生长转入生殖生长为主,该时期是决定粒质量的关键期,因此,在拔节孕穗期氮肥追施量占总氮肥量的 40%,可增强群体质量,保障花后光合高值持续期长,促进光合物质积累,利于籽粒产量的提高。

### 3.4 综合防治病虫害

病虫害防治贯彻“预防为主、综合防治”的植保工作方针,坚持“统筹协调、因地制宜、综合防控”的原则。化学除草在秋季或者早春进行,要根据田间杂草类型精准选用化学药剂,在日平均气温 5℃ 以上的无风晴天均匀喷施,若遇大幅降温或者大风天气切勿除草。病虫害应根据各地植保站的预测预报,及时科学防治,注意做好小麦中后期的“一喷三防”工作,保障小麦安全生产。

### 3.5 适时收获

安徽地处我国南北气候过渡带,气候复杂多变,因此,在蜡熟末期,根据天气情况及时收获,防止霉变或穗发芽发生,确保丰产丰收。

## 参考文献:

- [1] 金 艳,郭慧娟,崔党群. 环境因素对小麦蛋白质含量和品质的影响研究进展[J]. 中国农学通报,2009,25(17):250–254.
- [2] 刘光辉. 小麦籽粒理化特性及面粉生产方法概述[J]. 大麦与谷类科学,2017,34(5):56–61.
- [3] 王延训,田纪春,杨 明,等. 高产多抗强筋小麦新品种山农 1695 的选育[J]. 中国种业,2023(4):122–124.
- [4] 杭雅文,武 威,张 茜,等. 弱筋小麦品质指标的相关性分析及筛选[J]. 麦类作物学报,2020,40(3):320–327.
- [5] 王延训. 国审强筋节水小麦新品种山农 26 的选育及高产高效栽培技术[J]. 农业科技通讯,2017(2):148–150.
- [6] 李剑峰,吴盼盼,史 东,等. 滨州市小麦种植历史回顾及麦种产业发展思考[J]. 中国种业,2023(1):64–67.
- [7] 贡清峰,洪清爽,杨春燕,等. 国审中强筋小麦新品种国麦 257 的选育及栽培技术[J]. 农业科技通讯,2023(7):183–185.
- [8] 祁皓天,董永利,李 川,等. 播种方式和播量对冬小麦‘西农 20’产量及品质的影响[J]. 西北农业学报,2021,30(1):32–40.

## Breeding and Main Characteristics of New Wheat Variety Fumai 999 with High Quality and High Yield

ZHANG Shanlei<sup>1</sup>, CUI Xiaoping<sup>1</sup>, WANG Weijun<sup>1</sup>, TIAN Shengying<sup>1</sup>, ZHAO Bi<sup>2,3</sup>, XU Wen<sup>2,3</sup>, LIU Xiaofei<sup>1</sup>, LAI Shangkun<sup>1</sup>, LAI Shangke<sup>1</sup>

(1. Suqian Institute of Agricultural Sciences, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Suqian 223800, China; 2. Anhui Chuangfu Seed Industry Co., Ltd., Heifei 230000, China; 3. Anhui Xiaxing Seed Industry Co., Ltd., Bengbu 233000, China)

**Abstract:** Fumai 999 is a new semi-winter wheat variety with high quality and high yield, derived from the cross of Jimai 22 (maternal parent) and the (Taikong No.6/Shannong 16)  $F_1$  (paternal parent), which was bred by the Suqian Institute of Agricultural Sciences, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences and Anhui Chuangfu Seed Industry Co., Ltd. and Anhui Xiaxing Seed Industry Co., Ltd. by the method of the systematical selection. The results of regional trial showed that it has the characteristics of the total growth period of 222.7 d, plant height of 81.9 cm, effective panicle number of 6.495 million/hm<sup>2</sup>, the ear-bearing tiller percentage of 40.2%, grain number per spike of 31.9, 1 000-grain weight of 46.9 g. Fumai 999 showed moderate susceptibility to scab, and susceptibility to sheath blight, and the performance of powdery mildew resistance was from middle susceptibility to middle resistance. It was approved by Anhui Variety Approval Committee in 2023 (Approval Number: Wanshengmai 2023L022) and suitable for planting in the north of Huaihe River and along Huaihe River areas of Anhui Province.

**Key Words:** Fumai 999; Wheat; Characteristics; Cultivation technique

(上接第 71 页)

## Breeding and Application of High-quality and Herbicide-resistant Millet Variety Gonggu 89

ZHANG Weilong, GAO Ming, GAO Zhong, ZHOU Baihui, LI Shujie, YANG Yongzhi, XU Chen  
(Jilin Academy of Agricultural Sciences (Northeast Agricultural Research Center of China), Changchun 130000, China)

**Abstract:** Gonggu 89 is a new high-quality millet variety selected by Crop Resources Research Institute, Jilin Academy of Agricultural Sciences. In October 2021, it was officially registered as a national non major crop variety with the number GDP Millet (2021) 220041. This variety has the plant height of 89.9 cm, the ear length of 23.7 cm, the single ear weight of 17.47 g, the single ear grain weight of 14.2 g and the 1 000-grain weight of 2.8 g. The ear is round and simple, with short bristles and the grain emergence rate of 80.25%. It has the growth period of 125 days, is resistant to herbicides (sethoxydim), has strong disease resistance, is suitable for mechanized harvesting, and has excellent rice quality. It is rated as “first-class high-quality rice” and has broad application prospects and promotion value in the production and planting of spring millet in Northeast China.

**Key Words:** Millet; Gonggu 89; Herbicide resistance; Cultivation technique

代金英,胡 蕾,高润红,等. 优质香米水稻新品种盐申稻 83006 的选育及应用[J/OL]. 大麦与谷类科学, 2024,41(2):77-80. <https://doi.org/10.14069/j.cnki.32-1769/s.2024.02.015>.

# 优质香米水稻新品种盐申稻 83006 的选育及应用

代金英<sup>1</sup>,胡 蕾<sup>1</sup>,高润红<sup>2</sup>,程新杰<sup>1</sup>,宛柏杰<sup>1</sup>,张梦龙<sup>1</sup>,施 伟<sup>1</sup>,朱国永<sup>1</sup>,唐红生<sup>1</sup>,邓 晔<sup>1</sup>,孙明法<sup>1\*</sup>

(1. 江苏沿海地区农业科学研究所,江苏 盐城 224000;2. 上海市农业科学院生物技术研究所,上海 201106)

**摘要:**盐申稻 83006,原代号盐稻 83006,系江苏沿海地区农业科学研究所与上海市农业科学院合作,用盐稻 8 号与泗稻 10 号人工杂交,F<sub>1</sub> 送上海市农业科学院进行花药(小孢子)培养成苗,加倍后采用系谱法经多年连续定向选择而育成的常规中粳稻新品种。试验结果表明,该品种区域试验平均产量 10 143.00 kg/hm<sup>2</sup>,较对照徐稻 3 号平均增产 3.78%,米质达到优质等级 2 级,有香味,熟期适中,适应性广。2021 年 4 月通过江苏省农作物品种审定委员会审定,命名为盐申稻 83006。

**关键词:**水稻;小孢子培养;优质;盐申稻 83006

**中图分类号:**S332.2

**文献标志码:**B

**文章编号:**1673-6486-20230285

水稻是主要的粮食作物之一,全世界有超过 50%的人口以稻米为主食。我国是世界上最大的水稻生产国和消费国,稻米的生产量和消费量均占世界的近 3 成,且我国 60%以上的居民以稻米为口粮<sup>[1]</sup>。水稻育种前期一直注重水稻产量的提高,但是随着人们生活水平的提高,健康意识不断增强,市场对优质稻米的需求日益增长。因此,培育高产、优质、绿色的水稻新品种是保证我国粮食安全、稳定国民经济发展的重要举措。

江苏是我国水稻种植生产大省之一,基于农业供给侧改革不断推进,需要加速发展优质稻米产业,提高江苏省稻米市场竞争力。江苏省内各家育种机构也纷纷开始调整水稻育种目标,将优质、高产作为品种选育首要的标准。盐申稻 83006 为江苏沿海地区农业科学研究所(下文简称沿海所)与上海市农业科学院共同选育的迟熟中粳稻新品种,具有产量高、米质优、抗性强的显著特点,具有良好的推广应用前景。

## 1 盐申稻 83006 的选育经过

盐申稻 83006,原代号盐稻 83006,系沿海所与

上海市农业科学院合作育成的粳稻新品种。具体过程为:2010 年夏在江苏盐城用盐稻 8 号<sup>[2-3]</sup>为母本、泗稻 10 号<sup>[4]</sup>为父本进行杂交,获杂交种 20 粒;2011 年夏,在上海市农业科学院试验场种植 F<sub>1</sub>,田间种植编号 1G315,于孕穗期取水稻幼穗在上海市农业科学院生物技术研究所进行花药(小孢子)组织培养<sup>[5-6]</sup>;2012 年,上海市农业科学院对组织培养形成的单倍体苗进行加倍处理,获再生苗 85 株;2013 年夏,上海市农业科学院将再生苗种植于试验田,田间编号 YC181—YC265,成熟期选留 50 株植株;2014 年夏,沿海所将上年选留的 50 个单株在盐城种植成株系,田间编号 4G2986—4G3035,成熟期选留 21 个株系,每个株系选留 1 株,计 21 株;2015 年夏,沿海所将上年选留的 21 株单株种植成株系,田间编号 5G2315—5G2335,成熟期选留 11 株系,每个株系各选 1 株,计 11 个单株;2016 年夏,将上年选留的 11 株单株种植成株系,田间编号 6G2996—6G3006;株系 6G 鉴 3006 综合性状优良,暂定名盐稻 83006;2017 年,盐稻 83006 参加沿海所品比试验,折合平均单位产量 10 710.90 kg/hm<sup>2</sup>,较对照徐稻 3 号增产 3.67%;2018 年,盐稻 83006 参加沿海所大区比较试验,折合平均单位产量 10 815.20 kg/hm<sup>2</sup>,较对照徐稻 3 号增产 3.51%;2019—2020 年,盐稻 83006 参加江苏省迟熟中粳联合体区域试验;2020 年破格参加江苏省迟熟中粳联合体生产试验(图 1)。

收稿日期:2023-12-21;修回日期:2024-01-26。

基金项目:江苏省种业振兴“揭榜挂帅”项目(JBCS[2021]040);江苏省重点研发计划(BE2020319);盐城市科技项目(YCBK202226)。

作者简介:代金英(1986—),女,博士,助理研究员,主要从事水稻遗传育种研究。Email: daijinying@126.com。

\* 通信作者:孙明法(1966—),男,研究员,主要从事水稻遗传育种研究。Email: smf559@163.com。



图 1 盐申稻 83006 选育系谱图

## 2 盐申稻 83006 的产量表现

2019 年, 盐申稻 83006 参加江苏省迟熟中粳联合体区域试验, 折合平均产量 10 325.70 kg/hm<sup>2</sup>, 较对照徐稻 3 号增产 3.04%。2020 年, 盐申稻 83006 继续参加江苏省迟熟中粳联合体区域试验, 折合平均

产量 9 960.30 kg/hm<sup>2</sup>, 较对照徐稻 3 号增产 4.52%。盐申稻 83006 区试平均产量 10 143.00 kg/hm<sup>2</sup>, 较对照徐稻 3 号平均增产 3.78%。2020 年, 盐申稻 83006 参加生产试验, 折合产量 10 005.15 kg/hm<sup>2</sup>, 较对照徐稻 3 号增产 3.16%(表 1)。

表 1 盐申稻 83006 的产量表现

| 年份   | 试验类别 | 产量水平/(kg/hm <sup>2</sup> ) | 较对照增加/% | 增/减点次 | 产量位次 |
|------|------|----------------------------|---------|-------|------|
| 2019 | 区域试验 | 10 325.70                  | 3.04    | 10/2  | 9    |
| 2020 | 区域试验 | 9 960.30                   | 4.52    | 10/1  | 3    |
|      | 平均   | 10 143.00                  | 3.78    |       |      |
| 2020 | 生产试验 | 10 005.15                  | 3.16    | 10/0  | 4    |

## 3 盐申稻 83006 的特征特性

### 3.1 盐申稻 83006 的稻米品质

2019 和 2020 年, 盐申稻 83006 的稻米送至农业农村部食品质量监督检验测试中心(武汉)进行

稻米品质检测, 依据农业行业标准 NY/T 593—2002《食用稻品种品质》, 检测结果(表 2)显示: 盐申稻 83006 整精米率 74.1%, 垩白率 11.0%, 垩白度 1.9%, 胶稠度 72 mm, 直链淀粉含量(质量分数)15.2%, 优质等级为 2 级, 有香味。盐申稻 83006 获第八次全

国优良食味粳稻评比 2 等奖,被江苏现代农业(水稻)产业技术体系集成创新中心、江苏省优质粳稻

产业工程研究中心、江苏省农业技术推广协会推荐为优良食味品种。

表 2 盐申稻 83006 的稻米品质

| 年份   | 试验类别 | 整精米率 /% | 垩白率 /% | 垩白度 /% | 胶稠度 /mm | 直链淀粉含量 /% | 长 / 宽 | 优质等级  |
|------|------|---------|--------|--------|---------|-----------|-------|-------|
| 2019 | 区域试验 | 71.2    | 16.2   | 3.0    | 70      | 16.2      | 2.1   | 优 2、香 |
| 2020 | 区域试验 | 74.1    | 11.0   | 1.9    | 72      | 15.2      | 2.1   | 优 2、香 |
|      | 综合评价 | 74.1    | 11.0   | 1.9    | 72      | 15.2      | 2.1   | 优 2、香 |

### 3.2 盐申稻 83006 的抗性表现

经江苏省农科院植保所鉴定,参照 NY/T 2646—2014《水稻品种试验稻瘟病抗性鉴定与评价技术规程》、DB 32/T 1123—2007《水稻品种(系)抗稻瘟病鉴定方法与抗性评价技术规程》,盐申稻 83006 的抗性表现结果(表 3)显示:盐申稻 83006 对白叶枯、稻瘟病、条纹叶枯病均具有较好抗性。穗颈瘟损失率 3 级,综合抗性指数 3.75,条纹叶枯病中感(5 级),白叶枯病中感(5 级)。

### 3.3 盐申稻 83006 的综合农艺性状

盐申稻 83006 苗期叶色浅,叶挺,抽穗后叶片挺,株型紧凑,后期转色正常,熟相好,有芒,谷粒形状椭圆型。由 2019—2020 年区域试验和 2020 年的生产试验综合农艺性状结果(表 4)可以看出:盐申稻 83006 全生育期 151.6 d,与对照徐稻 3 号相当。株高 99.1 cm,有效穗数 337.3 万个 /hm<sup>2</sup>,结实率 92.9%,千粒质量 26.3 g,试点评价均值 1.7。

表 3 盐申稻 83006 的抗性表现

| 年份   | 试验类别 | 稻瘟病        |        | 条纹叶枯病 / 级 | 白叶枯病 / 级 | 纹枯病 |
|------|------|------------|--------|-----------|----------|-----|
|      |      | 穗颈瘟损失率 / 级 | 综合抗性指数 |           |          |     |
| 2018 | 区试试验 | 3 级        | 3.75   | 5         | 5        | HS  |
| 2019 | 区试试验 | 1 级        | 3.00   | 5         | 5        | S   |
| 2020 | 生产试验 | 1 级        | 3.00   | 5         | 5        | S   |
|      | 综合评价 | 3 级        | 3.75   | 5         | 5        | HS  |

表 4 盐申稻 83006 的综合农艺性状

| 年份   | 试验类别 | 株高 /cm | 有效穗数 / (万个 /hm <sup>2</sup> ) | 结实率 / % | 千粒质量 / g | 全生育期 / d | 生育期较对照增 /d | 试点评价 |
|------|------|--------|-------------------------------|---------|----------|----------|------------|------|
| 2019 | 区域试验 | 99.6   | 334.3                         | 93.9    | 27.1     | 151.6    | 0.6        | 2.2  |
| 2020 | 区域试验 | 99.4   | 328.4                         | 91.3    | 25.6     | 151.5    | 0.6        | 1.4  |
|      | 平均   | 99.1   | 337.3                         | 92.9    | 26.3     | 151.6    | 0.5        | 1.7  |
| 2020 | 生产试验 | 98.4   | 350.7                         | 93.6    | 26.3     | 151.6    | 0.4        | 1.4  |

## 4 盐申稻 83006 栽培技术

播种前药剂浸种防治恶苗病和干尖线虫病,5 月上、中旬播种,湿润育秧播种量 25 ~ 30 kg/667 m<sup>2</sup>,秧龄 30 ~ 35 d;早育秧播种量 35 ~ 40 kg/667 m<sup>2</sup>,秧龄 20 d 左右。机插秧一般 5 月 20—25 日播种,用种量 3.0 kg/667 m<sup>2</sup>,秧龄 20 d。秧田做好水肥管理以及病、虫、草和鸟雀危害防治。6 月上、中旬移栽大田,密度 1.8 万 ~ 2.0 万穴 /667 m<sup>2</sup>,保证基本苗

7 万 ~ 8 万株 /667 m<sup>2</sup>。大田水肥管理做到“干湿交替”和“前重、中稳、后补”,即基肥、分蘖肥、穗粒肥以质量比为 12 : 3 : 5 的比例施肥。控制高峰苗不超过 26 万株 /667 m<sup>2</sup>,最后成穗 21 万 ~ 22 万个 /667 m<sup>2</sup>。大田期重点做好一、二代二化螟、大螟、纵卷叶螟、稻飞虱、稻瘟病、白叶枯病、纹枯病和黑条矮缩病等病虫害的防治工作,以保证稻苗正常生长,保苗增穗夺高产。

## 5 盐申稻 83006 的应用前景

目前,江苏省在优良食味粳稻新品种选育方面虽然取得了一定进展,育成的优良食味粳稻品种有南粳 9108<sup>[7]</sup>、南粳 46<sup>[8]</sup>、广陵优粳<sup>[9]</sup>,其直链淀粉含量约为 10%,淀粉结构疏松,使得米饭柔软可口,适宜在江苏省沿江和苏南地区种植。盐申稻 83006 具有高品质(香型优 2、适口性好、出米率高)、高产稳产、熟期适中、适应性广、抗逆(耐盐)性较强、综合性状优良等特点,适宜江苏省苏中及宁镇扬丘陵地区种植。2020 年该品种被评为江苏省因地制宜试种的优良食味水稻品种,并获第八次全国优良食味粳稻评比二等奖,具有良好的推广应用前景。

### 参考文献:

- [1] 方福平,程式华. 水稻科技与产业发展[J]. 农学学报,2018,8(1):92-98.
- [2] 孙明法,姚立生,唐红生,等. 多抗中粳稻新品种盐稻 8 号大面积高产栽培技术[J]. 江苏农业科学,2005,33(2):41-42.
- [3] 孙明法,姚立生,唐红生,等. 中粳稻新品种盐稻 8 号大面积高产栽培技术[J]. 大麦与谷类科学,2006(1):13-15,47.
- [4] 黄道君,陈昌明. 泗稻 10 号的特征特性及高产栽培技术[J]. 江苏农业科学,1997(2):14-16.
- [5] 代金英,郭桂梅,程新杰,等. 水稻 F<sub>1</sub> 小孢子培养再生 DH 系的耐盐性鉴定及稻米品质分析[J]. 大麦与谷类科学,2022,39(6):1-5,10.
- [6] 郭桂梅,高润红,卜妹明,等. 预处理对水稻小孢子诱导愈伤组织产量和绿苗分化的影响[J]. 上海农业学报,2014,30(5):51-55.
- [7] 王才林,张亚东,朱 镇,等. 优良食味粳稻新品种南粳 9108 的选育与利用[J]. 江苏农业科学,2013,41(9):86-88.
- [8] 王才林,张亚东,朱 镇,等. 优质水稻新品种南粳 46 的选育与应用[J]. 中国稻米,2008,14(3):38-40.
- [9] 张宏根,张昌泉,许作鹏,等. 优质外观优良食味早熟晚粳稻新品种广陵优粳的选育[J]. 江苏农业科学,2022,50(9):66-69.

## Breeding and Application of New High-quality Fragrant Rice Variety Yanshendao 83006

DAI Jinying<sup>1</sup>, HU Lei<sup>1</sup>, GAO Runhong<sup>2</sup>, CHENG Xinjie<sup>1</sup>, WAN Baijie<sup>1</sup>, ZHANG Menglong<sup>1</sup>, SHI Wei<sup>1</sup>,  
ZHU Guoyong<sup>1</sup>, TANG Hongsheng<sup>1</sup>, DENG Ye<sup>1</sup>, SUN Mingfa<sup>1</sup>

(1. Jiangsu Coastal Area Institute of Agricultural Sciences, Yancheng 224000, China; 2. Biotechnology Research Institute, Shanghai Academy of Agricultural Sciences, Shanghai 201106, China)

**Abstract:** Yanshendao 83006, the original code Yandao 83006, is a new conventional medium geng rice variety, which was artificially hybridized by Yandao No.8 and Sidao No.10 in cooperation with Jiangsu Coastal Area Institute of Agricultural Sciences and Shanghai Academy of Agricultural Sciences. F<sub>1</sub> was sent to Shanghai Academy of Agricultural Sciences for anther (microspore) culture, and then doubled by means of continuous oriented selection for many years by genealogical method. The results showed that the average yield of this variety in the regional trial was 10 143.00 kg/hm<sup>2</sup>, which was 3.78% more than that of the control variety Xudao No.3. The rice quality of this variety reached the second level of high-quality grade, with fragrance, moderate maturity, and wide adaptability. In April 2021, it was approved and named Yanshendao 83006 by Jiangsu Provincial Crop Variety Certification Committee.

**Key Words:** Rice; Microspore culture; High quality; Yanshendao 83006