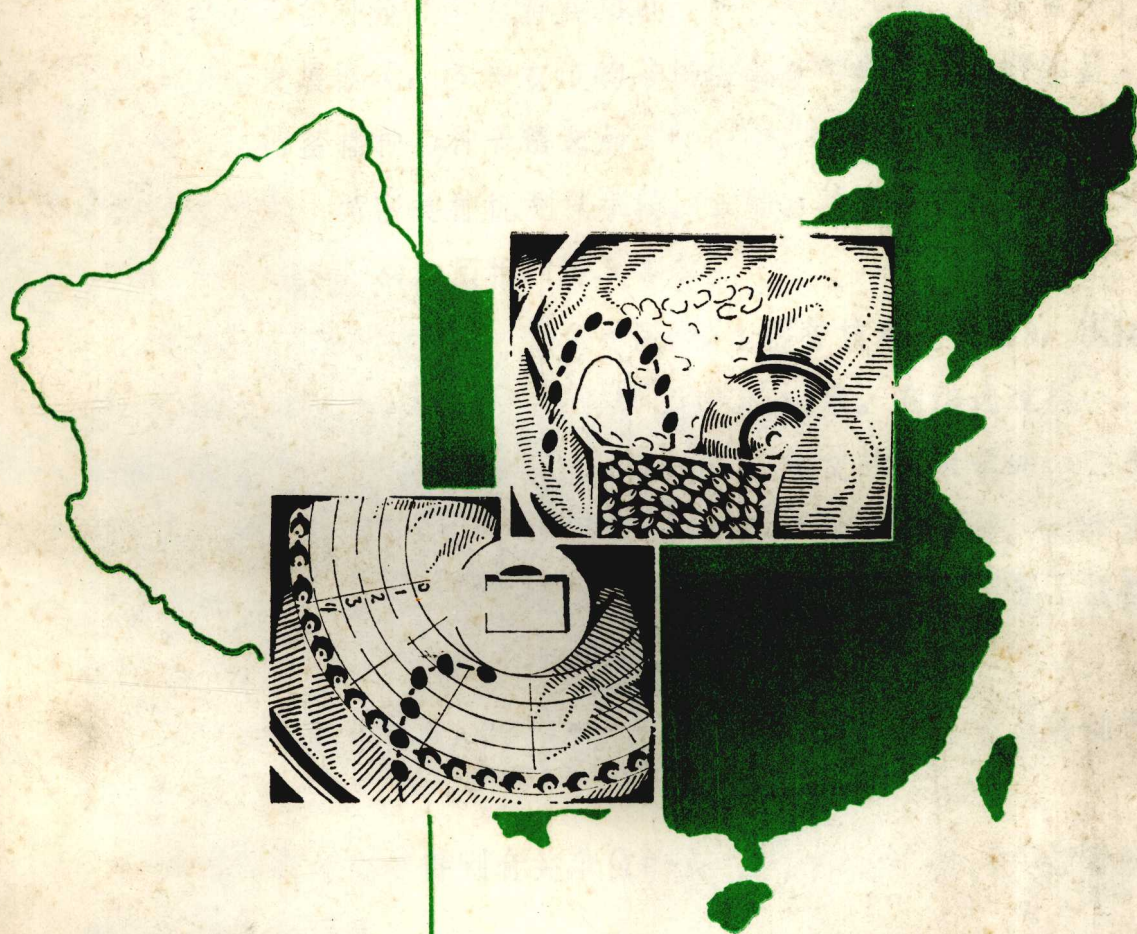


精密播种技术

论文集



中国农业机械学会种植机械专业组

1983.8

前 言

中国农机学会种植机械专业组与陕西省农机学会共同主持召开的“精密播种学术讨论会”于1983年6月21日至27日在西安举行。参加会议的代表来自全国19个省、市、自治区的农机研究单位、农业科学研究单位、高等农机院校、播种机生产厂、农机使用管理部门等76个单位，共81名。

会议收到各种论文及资料共53篇，其内容涉及到：精密播种技术在我国的发展概况；各种农作物采用精密播种技术的经济效益及农艺要求；精密播种与种子精选加工的关系；各种型式精密排种部件的试验研究；精密播种机测试手段、试验方法及播种精度指标的确定；精密播种机的使用推广情况等等。

根据与会代表的要求，决定出版《精密播种技术论文集》，以便进一步交流经验，宣传推广这个现代化先进技术。在编选过程中，考虑了论文的代表性、学术性和实用性，从论文的技术领域、学术价值和实用价值方面选取，照顾精密播种技术的各个方面。同时为了全面阐述这个问题，还补充了一些“讨论会”欠缺的内容，如整体综述，农艺理论和种子加工等方面的论文等。

由于编者水平所限，时间仓促，缺点或谬误之处，望读者批评赐教。

本集编撰过程中得到有关单位的大力支持和论文作者的积极协助，在此谨表谢意。

编 者

一九八三年八月于北京

目

1. 精密播种技术概论.....张波屏 (1)
2. 论精密播种机发展的技术道路.....张波屏 (10)
3. 试论棉花精密播种的若干问题.....胡育昌 李可荣 (22)
4. 冬小麦精密播种的意义、机理和农艺要求.....田奇卓 (28)
5. 小麦精密播种(小窝密植)增产原因初析.....余遵 吴光清 (31)
6. 由国外蔬菜精密播种技术的发展看我国蔬菜精密播种.....陈景盛 (35)
7. 气吹式精密播种机播种谷子的研究.....钱祖光 王长青 (39)
8. 花生排种器的试验研究.....刘清湘 吕洪昭 (45)
9. 双区式倾斜圆盘棉花排种器机理初探.....雷水旺 (52)
10. 电磁振动式排种器与水稻精密播种.....吕坤业 李恒磐 黄飞等 (57)
11. 种子精选加工及其与精密播种的关系.....林树柏 (61)
12. 精密播种机的播种精度公差及衡量指标评述.....张波屏 刘格兰 (68)
13. 合理确定精密播种机试验的取样数目.....
.....王鸿深 张勇华 袁庆路 孙迎国 (75)
14. 内侧囊种垂直圆盘排种器的研究.....汪遵元 康保江 张德林 吴义刚 (80)
15. 气吹式排种器工作原理初探.....侯宝章 (86)
16. 影响气吸式排种器性能的几个因素.....赵启新 王书勤 (89)
17. 倾斜圆盘排种器的设计与试验.....李庆文 (92)
18. 2BMG型滚筒式穴播机设计原理.....聂潮海 付汝杰 王维祥 (95)
19. 气吹式播种机新气源的探讨.....盛江源 田宏伟 于津寿 (101)
20. 播种机电子监视与报警装置.....国培光 (107)
21. 排种器投种点位置误差对沟内种子位置精度的影响.....
.....孙肇端 石淑珍 王黎明 (117)
22. 滚轮式穴播机初探.....赵蔚霖 (125)
23. 用频闪摄影法探索气吹式排种器的清种机理.....蒋奕心 (127)
24. 小麦等距穴播及其播种机具的研究.....谢仁兴 鲁包子 裘鲁仁 (129)
25. 窝眼滚筒与玉米种子分级.....韩占成 (132)

精密播种技术概论

张波屏

(中国农机院北京农机化研究所)

精密播种的实质是最终达到均匀的田间出苗和较高的保苗率，达到节约良种和间苗工时的目的。

一、精密播种的概念、范畴和发展趋势

精密播种是将预定数量的种子播到土壤中预定的部位，它包括种子的三维空间座标和数量，即播种行距、行内粒距、播种深度和每穴粒数。任何一个参数值的偏差或不精确，都将影响种子在田间的均匀分布，影响田间出苗率和幼苗生长的均匀度，影响以后的田间管理和机械收获。

精密播种技术的发展过程可以粗略地分为两个阶段。最初精密播种主要表现为玉米、棉花等中耕作物的穴播或方形穴播，它比条播节约种子和间苗工时。在农药、除草剂和种子加工等技术尚不完备的时候，定量穴播有利于田间保苗。每穴粒数和穴距应根据作物的特点、种子的质量和水肥条件等因素来决定。

在育种学和种子加工技术发展起来以后，种子的质量和规格有了一定的保证；在农药、除草剂和喷灌技术发展起来以后，种子的田间出苗率和保苗率有了一定的保证。至此，单粒精密播种(精密播种的高级阶段)技术便迅速发展起来，并且越来越多地取代穴播。精密播种的范围已开始扩大到某些传统的条播作物。

定粒穴播优于条播，容易达到预定的穴距或定苗株距，节省间苗定苗工时。但是，穴播比单粒精播的间苗工时和种子消耗却要大。

然而单粒精播常常会由于漏播造成缺苗，影响单位面积成苗株数。因此又发展成为小粒距的均匀点条播，辅之以后的间苗。它优于条播，用种量少，幼苗发育好，也优于单粒点播，不易缺苗。但却为以后的等距间苗带来困难。因此，近年来在国外甜菜种植业中，又在试验一种间断点条播的新技术。所谓间断点条播，就是穴内为点条播的等距穴播。它兼备穴播和点条播的优点，既利于幼苗生长发育，节约种子，又便于等距间苗和定苗。

精密点条播正在为越来越多的农作物所采用。由于栽培技术和条件的改善，某些传统条播作物，如谷子、小麦、水稻等，都在试行点条播。已有许多单位取得了良好的结果：节约种子，幼苗生长良好，节约间苗工时，获得高产。

但对棉花等双子叶植物来说，幼苗出土困难，更适合于定粒穴播，才能提高田间出苗率。

精密播种是一个复杂的现代化综合性技术措施，它涉及到育种学，种子清选分级，

精密播种机的完善, 土壤精细加工、土壤消毒、土壤湿度、消灭杂草、施肥和苗期灌溉等一系列技术。

精密播种技术的推广, 必然带来一系列农业技术上的革新, 其经济意义也是巨大的。

精密播种可以节省大量的优良品种: 大豆每亩可节约 3 斤; 谷子每亩节约 0.62 斤, 玉米 5 ~ 6 斤; 棉籽 10 斤; 甜菜节约种子 50 ~ 60 %。

精密播种可以节约间苗工时或完全省去间苗工序。由一些田间试验资料可知, 玉米每亩可节约 0.2 个工, 高粱 0.2 ~ 0.25 个工, 大豆 0.2 个工, 谷子 1 ~ 1.5 个工, 甜菜可节约工时一半。

精密播种的作物, 植株分布均匀, 营养面积合理, 通风透光, 幼苗生长发育良好, 比普通条播增产: 玉米增产 6 ~ 25 %, 大豆 14 ~ 37 %, 谷子 30 ~ 108 %, 高粱 2 ~ 147 %, 糜子 11 ~ 33 %。

二、精密播种技术的研究推广应采用系统工程法

精密播种技术乃是农业机械技术、农业生物学技术与栽培管理技术等多种要素的集合体。这些技术要素组成为互相联系, 互相制约的有机系统, 最终获得最佳的出苗率和保苗率。

精密播种技术是一大系统, 它由许多小的子系统, 如播前整地系统、良种培育和种子加工系统、精密播种机系统、保苗系统等组成。每个子系统又由不同数量的子系统组成。每个系统都有特定的功能, 彼此间有机地结合着, 从而使种子得以均匀地播下并获得最佳的出苗率。精密播种系统可以简单地用下述框图(图 1)表示。

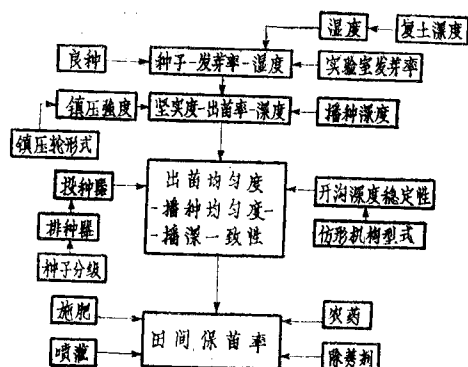


图 1 精密播种系统工程法框图

精密播种机自成一个子系统, 其排种器造成的均匀种子流, 在输送过程中, 在投入沟底并被覆盖镇压的过程中, 都将发生变化。行内粒距的变化符合概率正态分布, 受多种因素影响。提高粒距均匀度的关键, 首先是探求最佳囊种条件, 提高种子对囊种元件(型孔、窝眼等)的适应性。在绝大多数机械式精密排种器中, 种子都遵循重力规律。种子与排种器的相对速度是囊种的条件之一。

种子的精选分级是影响精密播种质量的另一个子系统。种子形状与尺寸的整齐划一及其与囊种元件的协调程度, 对精密排种有决定性影响。而种子形状与尺寸的一致性取决于育种的严格性和精选分级的可靠性。

玉米种子主要按宽度和厚度分级。目前尚不能按长度分级。近些年来, 杂交玉米种子在农业生产上的广泛应用, 造成了种子形状和尺寸的巨大变化, 为种子精选工作带来了一定的困难。

种子线性尺寸与排种盘型孔尺寸的不适应性则是引起重播、漏播的原因之一。

欧美各国和苏联都设有专门的种子加工厂或种子公司。苏联的玉米种子加工厂按区域分布有五个。

带绒棉籽的流动性不好，不能用一般方法分级，短绒掩盖了种子的实际尺寸，这类种子是不能进行精密播种的。要进行精密播种，必须对棉籽进行机械脱绒或化学脱绒。脱绒后的棉籽流动性较好，可以精选分级，并进行精密播种。

脱绒棉籽也按长宽厚三个尺寸分级(表1)，再根据分级种子选配排种盘。

表1 脱 绒 棉 籽 尺 寸

【种 子 类 型	厚 (毫米)	宽 (毫米)	长 (毫米)
粗 短 型	4~6	5~6	7~9.5
粗 长 型	4~6	5~6	8~10.5
中 间 型	3.75~5.5	4.5~5.5	9~10.5
小 粒 型	3.75~5.5	4.5~5.5	7~9.5

脱绒棉籽的强度相当高，其抗压载荷可达8~12公斤，适合于机械精密播种，并容易吸收土壤水分，比带绒棉籽容易出苗。但在冷天和土壤湿度过大时，其抗逆性能较差。为了提高抗逆性能，有的棉籽外面粘附一层防病虫药剂，制成丸粒。按照棉花的生物学特点，至今大多采用精密穴播。

甜菜种子加工是七十年代发展起来的。甜菜的遗传单粒种出现于1948年。欧美各国对甜菜精密播种颇为重视。甜菜精密播种对甜菜种子的物理机械性能和质量都有严格的要求，其质量标准必须符合表2所示。

表2 甜 菜 种 子 的 质 量 标 准

种 子 类 别	清 洁 率 (%)	发 芽 率 (%)	水 份 (%)	单 芽 率 (%)
遗 传 单 粒 种	97以上	80以上	15以下	90以上
机 械 单 粒 种	97以上	75以上	15以下	70以上
多 胚 种	97以上	70以上	15以下	-

通常采用的机械单粒种有直径为3.25~4.25毫米和3.50~4.50毫米两种，采用的丸粒化甜菜籽则为3.5~4.5毫米和3.75~4.75毫米。

田间出苗率是精密播种对种子质量提出的另一个重要要求。在小麦、玉米、棉花和甜菜四种作物中，棉花和甜菜的田间出苗率最低(表3)，因而，这两种作物的精播技术也困难一些。

表3 种 子 的 田 间 出 苗 率

作 物 类 别	小 麦	玉 米	棉 花	甜 菜
实验室发芽率(%)	98~99.3	97~100	91~98	96.3~97.3
田 间 出 苗 率 (%)	51.9~90	90~92.6	56.9~62	41.6~57

田间出苗率的变化范围之所以很大,除了种子本身的生物学特点以外,其他因素对精密播种效果也有影响。在考虑精播方式和精度指标时,不应当忘记作物特点。

众所周知,种子发芽必须有三个要素:热量、空气和水分。要有足够的空气,同时土壤湿度不得低于12%,土壤密度不应大于 $1.1 \sim 1.2$ 克/厘米³。试验证明,最初几个甜菜幼芽往往出现于土壤湿度为12~14%时,此时,发芽的种子仅占播下种子的8~10%,当土壤湿度为15%时,出苗率达50%;湿度为18%时,出苗率达90%。这种情况说明,保证土壤最佳湿度对出苗率是多么的重要。

一般说来,土壤湿度又是播种深度的函数,在土层0~5厘米内,湿度按直线规律变化。因此,种子的发芽率和出苗率又是播种深度的函数。实验证明,当播种深度稍大于3厘米时,甜菜种子的出苗率已达不到100%;播深为4~5厘米时,出苗率降为60%,5~6厘米时降为80%。

播种深度的稳定性又与土壤密度、土壤坚实度、地表起伏状况和开沟器仿形性能有关,而仿形性能的好坏又与仿形机构的结构型式有关。实验证明,具有最佳覆土深度的种子数与覆土深度均匀性的统计学指标成正相关,甜菜的最高田间出苗率获得于播种深度离差小于0.6厘米时。

对甜菜精播来说,获得最高田间出苗率的条件是:播种深度不大于4厘米,深度离差不大于 ± 1 厘米,土壤湿度不小于18%。

精密播种的均匀度主要决定于排种器—种子子系统,而精密播种的最终效果—最高田间保苗率则决定于保苗系统的完善性,即农药、除草剂和灌溉技术等因素的合理搭配。

三、加强精密播种的农机农艺学研究

既然精密播种是一个有机系统,那么,系统内各个因素的相互关系和系统与环境间的相互关系就很值得研究了。

精密播种的农机农艺学,主要是研究农机技术与农业技术的结合问题。精密播种机的主要任务是定量、定距、定深度地将种子播入土壤中,并予以适当的压实。但究竟如何才能保证最高田间出苗率,却是农机农艺学的研究课题。

播种深度是影响田间出苗率、出苗整齐度的重要原因之一。各种作物都有其最佳播深要求。研究播种深度对田间出苗的影响,正是农机农艺学的任务。实验证明,播种深度变异性对植株密度和作物产量都有影响。棉花对播种深度的变异最为敏感(图2)。

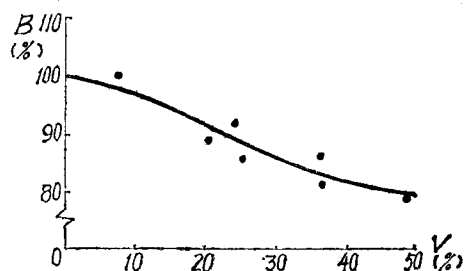


图2 棉花出苗率B与播深变异系数V的关系

由图可见,随着播种深度变异程度的增加棉花的相对出苗率在下降,产量也随之减少。

实验证明,播深变异系数如果不超过表4中所列数值,则作物的植株密度和产量均可保持在较高的水平。播深的一致性必将导致出苗的整齐度。

由表4中数据可见,棉花对播深变异最为敏感。为获得较高的精播质量,播前整地

表 4

几种作物的播深变异系数

作	物	播 深 变 异 系 数
棉	花	10
大	豆	15
高	粱	25
玉	米	25

和开沟器仿形性能必须良好。

播后镇压方式和压实程度，也是影响种子田间出苗率的重要因素。应根据土壤、气候条件和作物特点，采取必要的措施。

实验证明，土壤表层板结严重地影响着田间出苗率。表层硬度由108毫巴增加到273毫巴，豆类作物的出苗率便由100%下降至零。一定的土壤湿度下，田间出苗率常随土壤表层硬度的增加而下降。但有些作物，在表层硬度为1400毫巴时，仍能出苗。为了提高幼苗破土而出的能力，应将种床下面的土壤压实，使土种密接，便于发芽，同时，为幼苗出土造成一个坚实的立足之地。采用压籽轮将种子压入种床，然后覆盖，可使某些谷物的田间出苗率增加20~25%。

实验证明，表层压力为0.5磅/吋²时最有利出苗；5~10磅/吋²时，即妨碍出苗。一般来说，镇压力对每种作物来说，都在一个严格的范围内变化。对麦类来说，每厘米轮辋宽的压力约为12~15牛顿，相当于单位支承面压力为15~25千帕，偏离此值，产量将显著下降。

鉴于上述情况，应采取两种镇压方式：地下镇压与地上镇压，前者就是压籽轮镇压。即使地上镇压也不宜采用正上方平压，而应采取侧向斜压，即两个镇压轮按V形排列，将种子周围和下方压实，而正上方略松(图3)。

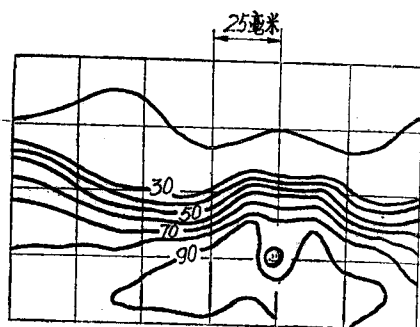


图 3 V形排列镇压轮的压实图

均匀度变异系数则是由人工严格点播而成，其代价是很大的。

因此，过分地追求精播均匀度指标，不一定符合经济原则。作物群体尚有自动调节

为了提高精播田间出苗率，必须消除播后降雨引起的表土板结。美国普尔都(Purdue)大学在播种西红柿时，同时撒施抗板结剂，以防雨后表土板结，保证种子的田间出苗。

播种方式和播种均匀度也是农机农艺学的研究对象。一块田地究竟能容多大的植株密度，其分布均匀度在多大范围内变化，才不影响产量，至今并无严格的科学根据。实验证明，玉米播种均匀度变异系数由20%增至60%，亩产量仅减少1~2%。而20%的

能力。对精播作物进行播种方式均匀度的试验研究，确定一定的土肥条件和管理措施下的合理指标，乃是精播技术研究中的课题之一。

四、精密播种机发展概况和趋向

精密播种机是精密播种技术的核心，是决定播种精度的关键性设备。种子、土壤、肥料、农药、除草剂、喷灌等一系列现代化技术，都将围绕精密播种机的使用而发挥其作用。

精密排种器又是精密播种机的核心，它决定精密播种的主要性能指标——播种均匀度。

十多年来，精密播种的理论研究工作，主要是在力学—数学与概率—统计学两个方面进行。前者主要研究排种过程的力学问题，排种元件与工艺环境的相互作用问题，以确定排种过程各主要因素间的本质联系；后者则对排种过程进行概率—统计学研究，对过程进行数量评价。

精密排种器在最近十多年间，取得了巨大的进展。无论在结构形式上，还是排种原理上，都出现了许多新技术。

外国精密播种机发展的主要趋向之一是提高作业速度。作业速度的提高，刺激着排种器结构形式的发展，排种频率和投种速度也在相应提高，出现了零速投种原理。在一些排种器上，为了在高速情况下实现相对零速投种，常采用排种过程与投种过程分离的“二次排种”结构，如乌尼科龙(图4)、A697和指夹式排种器等。

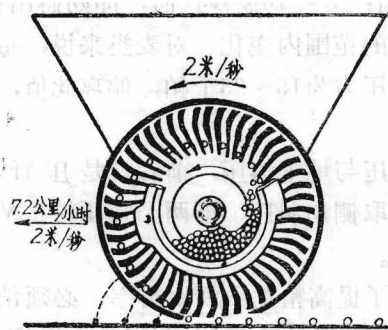


图4 乌尼科龙排种器示意图

在低速下囊种，投种元件加速投种，使投种的水平分速度在落地处与播种机前进速度相平衡，以使种子在落入沟底时只具有垂直向下的速度，而水平分速度等于或接近于零，藉以减少种子在沟底的滚动，从而提高粒距精确度。

提高水平圆盘排种器作业速度的关键是提高囊种概率和投种频率。为此而采用加速器、倾斜型孔和离心式充种机构，提高囊种速度。

种子囊入型孔的理想条件是相对速度的垂直分速度达到最大值。在传统型播种机上，则是相对速度的水平分速度等于零。种子落入型孔的必要时间取决于总的垂直加速度，在一般播种机上，此值不超过 9.8 米/秒^2 。但在具有离心式充种装置的播种机上，离心机构使种子在垂直面内旋转，获得离心加速度 $r\omega^2$ ，因此，种子是在两种加速度联合作用下囊入型孔的，自然会增加排种器的囊种系数，提高播种精度。此时作用在种子上的力则是

$$F_r = \frac{W}{g} r\omega^2 - W \sin \theta$$

式中：W——种子的重量；

ω ——种子由离心机构所获得的角速度；

r ——旋转半径。

随着播种机前进速度的提高，箱内种子的旋转速度也相应地增大，能始终保持较好的囊种性能。

乌尼科龙采用加速排种原理。囊种与投种分段进行，其排种过程如图4所示。直径较小的垂直圆盘采用内侧囊种，再通过辐射型输种管道加速排出。种子出口的速度可高达1.5~2.5米/秒，能在较高的前进速度下实现零速投种。

A697锥形排种器也采用加速排种原理。由型孔盘进行囊种。当已囊种的型孔与输种管道重合时，气流将种子吹入管道。在离心力作用下，种子沿管道加速并进入下面的投种盘继续加速，然后在与机器前进方向相反的方向投下，能实现较高速度(7.5~8.5公里/时)下的零速投种。

在水平圆盘排种器的研究中，曾提出了下述增加排种频率的途径：适当控制种子的相对速度，合理选择型孔尺寸，适当增加排种盘表面的不平度，选择合理的刮种器，采用环形导槽，增加型孔前倒角，合理配置型孔位置等。

提高排种频率必然要增加排种盘转速，但随之而来的必然是相对速度增大，囊种性能下降。为了克服这种不利因素，在排种器内增置叶片加速器，用其驱使种子，减小相对速度。此时种子的相对速度等于叶片速度与圆盘速度之差。

高速摄影表明，加速器叶片不仅驱动种子群，而且促使种子囊入型孔，因为它解除了周围压力对种子的作用，叶片后面的种子自由垂落到圆盘上。加速器的充种效果如表5所示。

表5

几种加速器的充种率

播 种 机 型 号	工 作 速 度 (公 里 / 时)	定 粒 穴 数(%)				
		3	4	5	6	7
CTBX-4	4.9	1.0	12.3	80.7	5.7	0.3
CTBX-4	5.8	0.8	12.4	79.6	4.8	0.4
CTBX-4 带加速器	4.9	0.2	3.6	95.6	0.6	—
CTBX-4 带加速器	5.8	—	5.4	89.2	4.0	1.2
CTBX-4 带加速器	7.2	—	10.0	87.4	2.4	0.2

由表中数据可见，加速器可提高播种精度10~15%，并能在7.2公里/时的高速作业中保持较高的精度指标。

试验表明，高速播种棉花、玉米和甜菜时，最好采用型孔宽度较大深度(即圆盘厚度)较小的排种盘，圆盘的最小厚度以种子不退出型孔为限。对脱绒棉籽来说，圆盘厚度应为：圆孔5毫米，长方孔4毫米，半圆孔6毫米；对玉米来说，圆孔4~5毫米；对甜菜则为3~3.5毫米。

为了减小相对速度而增加圆盘表面的摩擦系数，这在国外甜菜播种机上已应用，如西德的曼诺参特播种机，在排种滚筒窝眼区表面刻了许多细沟。苏联正在研究在排种

筒上增加橡胶凸起来播种丸粒化甜菜籽。

采用后壁倾斜 45° 的型孔播种玉米，可把圆盘线速度提高到 $0.5\sim 0.8$ 米/秒，并保持96%的囊种系数，而且播量误差不超过 $\pm 4\%$ ，破碎率不超过0.5%。用这种排种器播玉米，机组前进速度可高达 $15\sim 18$ 公里/时。

为适应高速作业，气力排种器也出现了许多新结构。气力排种器按作用原理可以分为气吸式(负压囊种)和气压式(正压囊种)。无论那种排种器，气力只作为囊取力出现，它代替机械式排种器的型孔或窝眼的作用。气孔(吸孔、吸咀或通孔窝眼)和气力是气力排种器的囊种元素，它对种子的形状和尺寸要求不严，但对其重量较敏感。气力排种器的单粒囊种性能大大超过机械式排种器。如果前者的单粒囊种率为99%，则后者最大不超过92%。但在使用丸粒化种子时，机械式排种器却稍比气力式为好。

纯气力作用的排种器已不能满足高速作业的要求，它不能保证准确的粒距。因此出现了气力—机械式精密播种机，如A697，汉莎—莫尔塞木等。由气力囊种或推种，而由机械元件加速投种，以取得较精确的粒距。

气力播种机也有个配气问题，即气流均匀度问题。由于气流管道的曲折，将使气流阻力增加，造成气流密度的不均匀，因而影响排种均匀度。或者在气流管道的陡弯处，引起气流中的种子离析，致使排种器造成的均匀种子流遭到破坏，大大降低了播种均匀度，如赛克洛-500型气送式播种机。

为了提高气力排种器的囊种精度，在喂入区造成空气与种子的“沸腾层”，使单粒囊种机率不受种子形状和表面状态的影响。

气力和气力—机械式播种机的优点是对种子的几何尺寸要求不严，对种子损伤较少。但其结构复杂，造价昂贵，重量大，噪音大，使用推广受到很大的限制。在一般作业速度($5\sim 6$ 公里/时)和种子条件较好时，人们宁肯购买和使用机械式精密播种机。1979年轻工部哈尔滨甜菜研究所的试验结果表明，种子条件较好(丸粒化甜菜籽)的，机械式精播机(Becker-CG-6型)与气吸式精播机(法国气吸I型)的播种质量没有多大差别：前者的粒距合格率为94.23%(作业速度为4.5公里/时)，后者为93.69%(速度为3.43公里/时)。但对条件较差的种子(机裸种)来说，气吸式播种机却远比机械式优越：前者为90.87%($V=3.43$ 公里/时)，后者则为69.03%($V=1.8$ 公里/时)。

精密播种机发展的另一个特点是通用性。机械式精播机通过更换型孔盘、型孔带或排种轮来播种不同形状大小的种子；气力式精播机则通过不同的吸种盘、吸种滚筒、通孔窝眼轮或滚筒来播种不同的种子。目的是提高播种机的年时间利用率和经济效益。以Aeromat-I型气吹式播种机为例(表6)，就可以看出人们对通用性的要求。通过更换窝眼轮和调节气压，它可以播种玉米、大豆、高粱、向日葵、菜豆、甜菜、蔬菜和油菜等17种作物。由表7还可以看出，除玉米外绝大多数作物的播种速度都在 $6\sim 8$ 公里/时或更低。

精密播种机研究的另一个特点是向传统的谷物(小麦等)进军。国内外都在研究小麦精密播种问题，以适应水肥条件较好管理水平较高的小麦栽培地区的需要。

先进的精密播种机除了配备施肥、施药和施除草剂机构以外，有的还正在研究丸粒破壳装置，以便在丸粒化种子播入土壤以前，将其硬壳击碎，以提高种子的田间出苗率。

表 6

Aeromat-I 型播种机作业范围和性能指标

种 子 类 型	气 压 (毫米水柱)	重 播 率 (%)	漏 播 率 (%)	作 业 速 度 (公里/时)
玉 米	500~1000	3.0	2.0	10~8
丸粒化甜菜籽	200~500	0.5	0.5	6~8
机裸甜菜籽	350~500	3.0	3.0	6~8
向 日 葵	1000~1200	5.0	3.0	8
大 豆	1000~1200	0.5	—	4~6
菜 豆	1000~1200	1.0	1.0	6~10
高 粱	250~500	2.0	0.5	6~8
丸粒化蔬菜籽	200~400	0.5	0.5	4~8
洋 白 菜	200	1.0	1.0	3
胡 萝 卜	150	25	—	3
洋 葱	350	10.0	10.0	3
红 辣 椒	300	13.0	7.0	6
西 红 柿	300	3~4粒/穴	10.0	6
色 拉	150~200	25	—	3
小 白 萝 卜	400	2.0	2.0	6
黄 瓜	1400~1600	8.0	8.0	3
油 菜 籽	350	4.0	5.0	6

五、对我国精密播种技术研究推广的几点看法

我国尚属发展中国家，在农业生产上所采取的各种技术措施、机械化管理水平和其他条件都比较落后。因此，在研究推广精密播种的过程中，应因地制宜，量力而行。

1. 建立并完善作物育种系统，提高种子质量。逐步建立种子公司，实现种子生产专业化，加工机械化，质量标准化和品种规格化。为精密播种提供生活力强的形状尺寸划一的优良品种。

2. 积极发展农药、除草剂、种子精选分级、喷灌等技术，提高机械化整地质量，为精密播种创造条件。在这些条件尚不具备的情况下，应先推广定量穴播。待条件成熟后，再逐步推行单粒精密播种。

3. 国外精播机研究的主要趋向是提高作业速度，在大株距作物中推广 8~10 公里/时的作业速度，但大多数作物的精播作业速度仍在 6~8 公里/时范围，甚至更低。在我国绝大部分地区，作业速度尚不是主要矛盾。一般维持在 6~8 公里/时或 5~6 公里/时即可。关键问题应是提高播种质量。

4. 我国大部分地区处于中纬度地带，一年两熟，两茬连作，应研究适合硬茬特点的精密播种技术。

论精密播种机发展的技术道路

张波屏

(中国农机院北京农机化研究所)

在谈论精密播种机发展的技术道路问题时,我们所指的主要是单粒精密播种机,不包括一般的穴播机。但精密点条播机却明确属于精密播种机范畴之内。

精密播种机的主要作业质量指标(或精密度)有三条,即种子在田间的三个座标值,也就是行距、粒距(株距)和深度。这三个指标中,最主要是行内粒距(株距),深度次之。因此可以说,精密播种就是将单粒种子均匀地分布于行内预定深度的播种。行距是长期耕作栽培习惯形成的,达到行距准确性的技术手段也比较容易,行距偏差对精密播种效果的影响也较微,故不作特别论述。

田间作物的分布密度是决定产量的主要因素之一,合理密植正是单位面积的平均密度问题。“丰收之年不收无苗之田”。在行距固定以后,株距大小及其分布均匀度就成了影响作物密度的最主要因素,因而也是影响产量的最重要因素。所以说,精密播种的三项指标中的核心要素乃是粒距(株距)均匀性。精密播种机的技术结构发展过程,包括部件设计、结构更新、总体配置、传动方式,以及种子处理和理论研究诸方面,无不是为了达到行内种子分布的均匀性,以排除重播后的间苗,或因漏播缺苗而造成的产量下降。

播种深度(第三个指标)是根据当地自然条件和作物特点长期形成的,在一般土壤温度下,其变化范围甚小。只要播前整地良好,播种时操作精细,在技术上达到播深一致是比较容易的,因而也不是精密播种机研究的重点。

影响精密播种机播种精度的因素可以概括为表1形式。

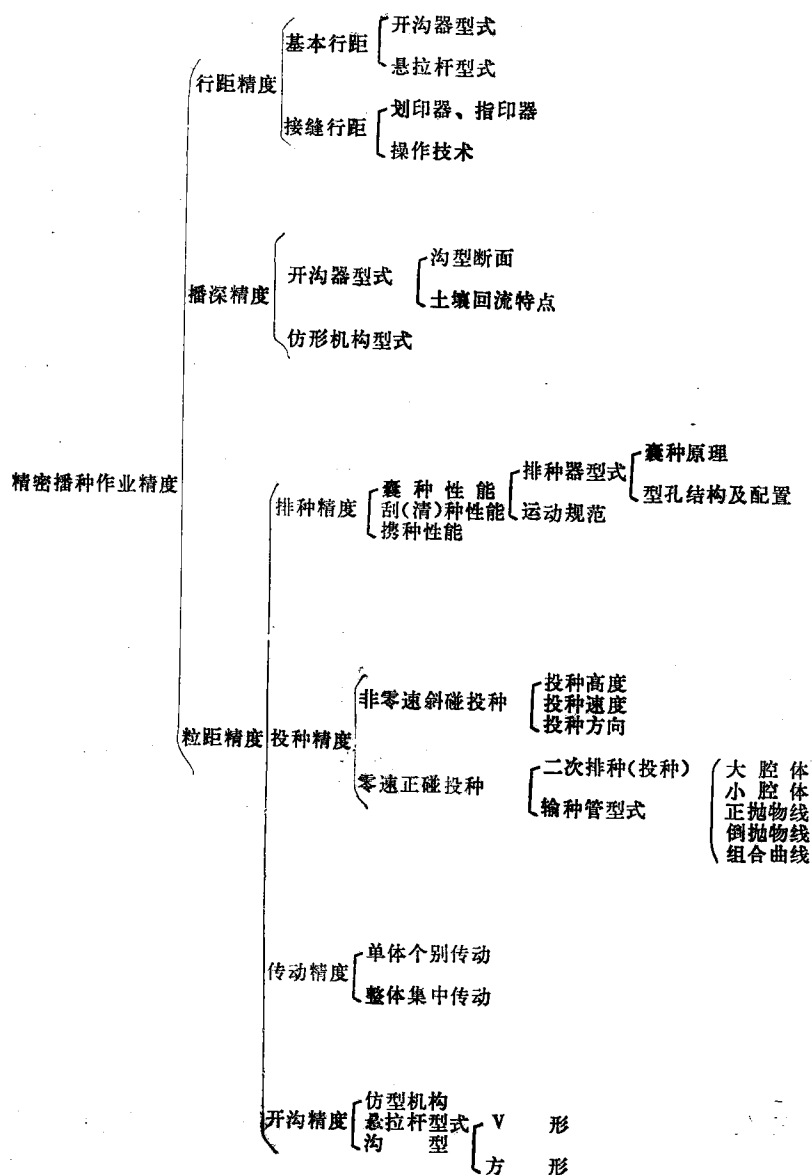
本文将根据上表中的主要线索来谈谈精密播种机的发展道路问题。

5. 小麦生产在我国占有很重要的地位。最近几年来,小麦亩产量有了大幅度的增加,平均600~800斤的已很普遍,不少地区亩产千斤以上。亩产千斤以上的小麦栽培特点,最重要的是稀播,要求基本苗不超过10万株,或介于5~10万株之间。要求把亩播量控制在7~8斤左右,甚至更少。

这样就提出了小麦精密播种问题,在水肥条件和管理技术较好的高产地区,越来越迫切地需要小麦精密播种机,希望有关部门积极开展小麦精密播种方法和机具的试验研究,以便尽快满足生产需要。

注:本文系1980年中国农机学会年会论文《论精密播种技术》一文的摘要。

表1



一、精密排种器囊种原理的深入探索与排种精度的提高

精密播种机均匀种子流及均匀粒距(株距)的形成决定于排种——投种——着地三个主要环节的协调配合,每个环节都对均匀粒距的形成有影响,而排种器的排种均匀性则起主导作用。

提高排种均匀度的关键在于提高在各种速度下的型孔(吸孔等)囊种性能,使囊种系数在一切条件下均保持在100%左右的较高水平。排种器结构的演变、排种工艺过程的更新,都是为了达到较高的囊种系数,特别在高速情况下。

1. 由单一重力囊种向多力联合囊种的发展

传统的水平圆盘、垂直圆盘、倾斜圆盘、带式等排种器，从结构工艺上都是采用重力囊种，种子都是从上向下囊入型孔。在低速作业时，重力囊种是可以达到相当高的囊种效果的。

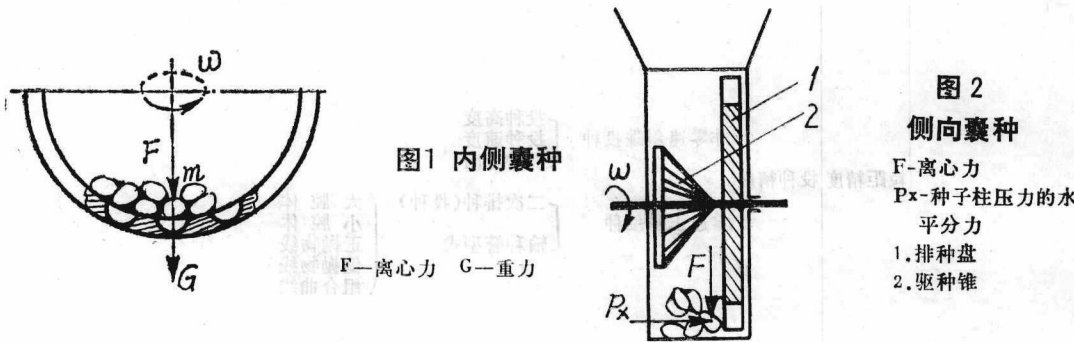
随着播种机作业速度的提高，为了保持较高的囊种系数，出现了利用多种力联合囊种的新原理新结构。在精密排种过程中最有决定意义的一着则是用型孔、吸孔或其他囊种元件将单粒种子从种子群体中分离出来，这就是囊种过程。过去一般排种器仅靠重力囊种，速度低，精确性差。为了适应高速播种需要出现了利用重力、离心力、阻力以及气力等多种力联合作用的囊种新工艺，出现了新的排种器结构。

①内侧囊种的垂直圆盘排种器

在一般垂直圆盘和窝眼轮排种器中，采用外侧型孔囊种，在囊种区域内，重力向下实现囊种。但在高速转动时，离心力与重力反向，削弱囊种效果。

内侧囊种的囊种区域在垂直圆环的内侧底部。重力或重力的分力和圆盘转动的离心力的作用方向相同，同时指向型孔，比外侧囊种有利。

②侧向囊种排种器(图2)



利用排种盘旋转时产生的离心力及驱种锥造成的主动流动种子流和种箱内种子柱压力的水平分力联合进行囊种，在高速情况下提高了囊种性能(图3)。

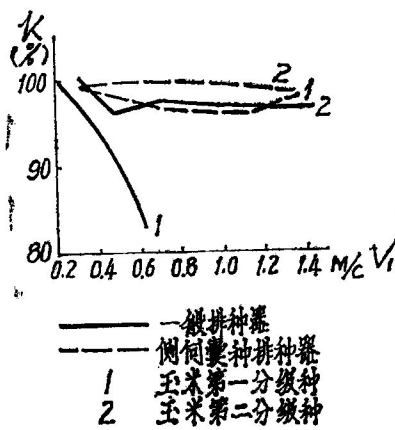


图3 囊种系数K与排种盘线速度 V_1 的关系

由图3可见，侧向囊种可以在速度为0.4~1.4米/秒下保持良好的囊种性能。这不但说明多力联合囊种的效果，而且还说明降低囊种相对速度及扩大囊种区域(除掉60°投种区外，其余近300°的圆周都可以囊种，比一般垂直圆盘排种器增大若干倍)带来的效益。

③气压式内侧囊种排种器

气压式内侧囊种排种器具有较好的囊种条件，它能使重力、离心力、气体压力以及由气压差和型孔产生的各种附加力同时作用于囊入型孔的种子。为了使型孔囊种可靠，必须使种子囊入型孔内一定深度的地方。由试验可知，型孔深度h应为： $h = 0 \sim 1.2l_{max}$ ， l_{max} —种子的最大尺寸。

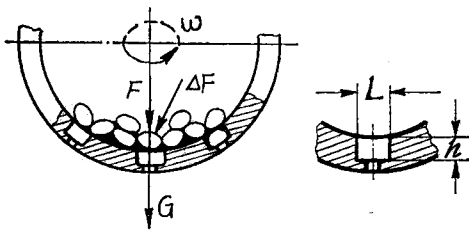


图 4

气力、重力、离心力联合作用下的囊种

F——离心力 ΔF ——气体压力 G——重力
L——型孔长度 h——型孔深度

如进一步加大深度会引起双粒或多粒囊种，使排种精度降低。

为了使囊入型孔的种子在排送过程中不被周围种子挤掉，型孔必须有一定深度的倒角。这样种子在排送过程中，气孔还可以具有机械型孔的部分作用，增加种子的抗挤压能力，提高囊种可靠性。

④水平圆盘离心力囊种排种器

一般水平圆盘排种器都是利用重力囊种，在高速转动时，离心力使囊种过程逆转。而这种水平圆盘排种器却具有特殊的结构(图 5, C)，其周缘的型孔如图 5, b所示。型孔 5 高于圆盘表面的其他部分，其外面、上面、下面和内侧的一部分都开口，型孔的两侧壁相对圆盘半径倾斜 φ 角。

由于这种结构，种子可以靠重力从型孔上口囊入型孔(图 5, b)，也可以靠圆盘携带种子高速转动的惯性离心力 T_u 作用下由型孔两侧壁间囊入(5, a)。同时，倾角为 φ 的型孔后侧壁还有压力投种的作用。随着圆盘转速 ω 的增大，离心力 T_u 成平方的增加，因而使圆盘周缘的种子囊入型孔的时间缩短，型孔相对圆盘半径呈 φ 角，也有利于缩短囊种时间，提高高速情况下的囊种率。

试验表明，这种排种器的囊种性能比一般排种器明显优越，特别在高速作业时(图 6)。

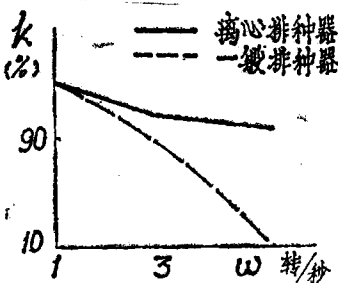


图 6 囊种系数 K 与圆盘转速 ω 的关系

2、由型孔结构的变化看排种器囊种性能的提高
用间距相等的窝眼、吸孔、型孔、舀勺、夹子等排种元件，在箱内种子群中周而复始地旋转，把单粒种子从群体中分离并囊出，形成等时距的均匀种子流，这是排种器的基本工作原理。起初窝眼、圆孔、吸孔等结构都很简单，在低速作业时，都能达到较好的播种精度。但随着作业速度的提高，客观上对播种精度也提出愈来愈高的要求。为了提高播种均匀度，首先必须提高排种元件的囊种性能，即囊种率或囊种系数，因而对囊种元件一孔、窝、槽等的结构，应不断进行工艺上的改进。

机械式排种器的囊种元件一孔、窝、槽的结构经历了如下的演变：
圆柱形孔、圆锥形窝眼、倒角窝眼、可调窝眼、盆形窝眼、前后倒角型孔、带引种环槽

的型孔、多排径向配置型孔、倾斜型孔、环槽型孔等。

气力式排种器的囊种元件——气孔则经历了吸咀、吸孔、凸台吸孔、倒角吸孔、锥形吸孔、折弯吸孔、环缝式吸孔等。

囊种元件系分离元件也是输送元件或排出元件。机械式囊种元件多为上面敞开的(工作时)六面体容腔,靠重力囊种后则靠机械输送排出。气力式囊种元件(锥形孔除外)一般则为简单的气孔,攫取种子和输送种子全靠气体压力差。

囊种元件结构的变化主要是为了提高囊种效果、减少囊种阻力,改善高速作业时的囊种性能。下面以倾斜型孔、折弯吸孔、环槽型孔、环缝吸孔等为例来说明型孔结构改变的效果。

倾斜型孔

在水平圆盘排种器高速转动时,推种器弹簧往往失灵,来不及将种子推出、脱下。为了使种子从型孔中脱出,不能仅靠重力,还要靠型孔后壁的下推力,这就产生了后壁倾斜的型孔(图7)。

后壁倾斜角 α 为

$\alpha > 2f > 35^\circ$, f —种子与型孔侧壁及底板的摩擦角。

型孔长度 l_1 由下式计算

$$l_1 = 0.00425v_g + b_{\max}$$

式中: v_g —排种盘线速度, $b_{\max}$ —种子的最大长度。

试验表明,倾斜型孔在圆盘线速度为0.2米/秒时,囊种系数 $K = 112\%$;在0.5~0.8米/秒时, $K = 96\%$ 。播种机作业速度可高达15~18公里/时。它比垂直型孔可提高囊种系数4~8%。

倾斜型孔排种盘要求种子筒壁在圆盘表面上空相当高度内呈竖直状态,不应向外倾斜,只有这样才能促进囊种。

折弯吸孔

折弯吸孔是适应薄板吸盘而设计的提高囊种能力的吸孔结构(图8)。

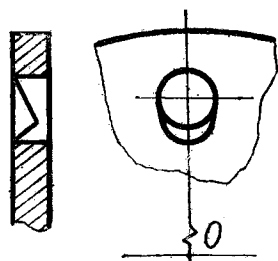


图8 折弯吸孔

靠近吸盘中心一侧,吸孔凹陷量较大,靠近吸盘周缘一侧的碾边量较小。这种吸孔能使吸附的种子一部分躲入凹坎内,增加了囊种可靠性和输送时的稳定性。而当吸孔转到下端投种时,种子则很容易从凹坎顺利地地下滑脱落。

试验表明,折弯吸孔可比普通吸孔提高囊种系数5~7%。折弯吸孔实质上是增加了吸孔深度,增加了机械的作用。

至今大量使用的精密排种器,囊种都是由单独的囊取元件——型孔、吸孔、指夹等来实现。但其排种频率往往受到囊种元件极限速度的限制,即

$$v \leq \left(l - \frac{d}{2} \right) \sqrt{\frac{g}{d}}$$