

玉米流体穴播条件参数试验研究

辛明金, 刘兰新, 宋玉秋, 孔爱菊, 任文涛, 房 飞

(沈阳农业大学工程学院, 辽宁 沈阳 110161)

摘 要: 以土壤含水量、种子浸泡时间、种液用量为试验变量, 出苗率为试验指标, 对玉米流体穴播条件进行了二次回归正交旋转组合试验。结果表明: 土壤含水量、种液用量对出苗率影响显著, 随着二者数值的增大种子出苗率提高, 但二者的影响是非线性的, 在二者数值较大时, 对出苗率影响的变化趋势减缓并下降, 表明土壤总含水量过高对种子萌发出苗不利; 在试验条件下, 土壤含水量为 7.12%、种液浓度为 0.15% 时, 单位面积种液用量应低于 $5.6 \text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ 。种子浸泡时间对出苗率的影响不显著, 但播前浸泡可缩短或略去种子在田间的吸水膨胀过程, 使种子萌发出苗早。建立了确保玉米出苗率的种液用量与土壤含水量数学模型, 依此模型可根据土壤含水量确定种液施用量。

关键词: 玉米; 流体穴播; 种液施用量; 土壤含水量; 出苗率

中图分类号: S223.2+5; S352.5 **文献标志码:** A

Experimental study on parameters of maize fluid hill-drop seeding

XIN Ming-jin, LIU Lan-xin, SONG Yu-qiu, KONG Ai-ju, REN Wen-tao, FANG Fei

(College of Engineering, Shenyang Agricultural University, Shenyang, Liaoning 110866, China)

Abstract: Fluid drilling is an effective way to save water against drought, ensure emergence, growth and yield of crops in arid and semi-arid areas. Quadratic orthogonal rotary regression experiment was carried out to explore suitable sowing condition parameters for maize fluid hill-drop sowing based on the effects of soil moisture content, soaking time of seeds and application rate of gel on emergence rate of maize. The gel tested was a mixture of water and super absorbent polymer of 0.15% in concentration and “Dongdan 60” maize seed, and the soil used was light brown soil taken from Qipanshan area of Shenyang City. The results showed that the soil moisture content and application rate of gel had significant effects on emergence, and the more they were, the higher the emergence rate became, though there was no linear relationship. The influence on emergence became decreased at high moisture content and application rate, indicating that excessive soil moisture content was unfavourable for emergence. The optimal soil moisture content, concentration of gel and gel application rate were 7.12%, 0.15% and $5.6 \text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$, respectively. The seed soaking time did not have significant effect on emergence rate, but the seeds would germinate early when the seeds absorbed enough moisture during soaking. The mathematic model of gel application rate to soil moisture content was established. To ensure emergence rate through the use of this model, the rate could be adjusted accordingly to a certain soil moisture content.

Keywords: maize; fluid hill-drop seeding; gel application rate; soil moisture content; emergence rate

流体穴播结合了保水剂的抗旱保水作用^[1-3]、播前浸种^[4]、坐水播种^[5]的优点, 播种前将种子进行浸泡, 使其吸足水分或催芽, 然后将其放到含有一定量保水剂的液体(以下称种液)中, 配制成流体播种悬浮液, 然后将种子和液体按农艺要求的穴距同时播出。该技术施水量少, 水分利用率高, 对解决干旱缺水地区播种存在的出苗难、出苗率低、坐水量大等问题, 确保粮食生产安全具有重要的现实意义^[6]。

英国的国家蔬菜研究站于 1972 年开始了流体播种的研究工作。20 世纪 80 年代, 流体播种在美国佛罗里达用于香菜、芹菜播种, 在威斯康星和俄亥俄用于芹菜播种, 在北卡罗来纳用于烟草播种; 英国

则用于胡萝卜播种^[7]。Kahn B A 等研究了流体播种与传统播种方法对西兰花种子出苗率和成苗率的影响^[8];Fisher C G 等将流体播种作为小粒种子菌类生物控制剂的有效载体^[9];Sanders D C 等研究了植物生产促进剂和流体播种对胡萝卜成苗率的影响^[10]。Bryan H H 等对发芽辣椒种子进行了流体播种研究^[11]。目前,世界上已有 20 多个国家组织推广流体播种技术和播种机研制^[12],但所研究流体播种机多为条播、撒播或喷播,且多用于蔬菜、花卉、牧草等小粒种子的播种,用于大粒种子的流体播种研究尚未见报道。

我国流体播种技术的研究和应用始于 20 世纪 80 年代中期,虽起步较晚,但发展较快。在小麦、芝麻、春花生、蔬菜、牧草、林木等种植和生产上进行了应用研究^[13-15]。对抗旱保水剂的吸水倍数、吸水速率、酸碱适应性、不同肥料的适应性及保水能力等应用特性进行的试验研究^[16-17]较多,但还少有关于保水剂施用的土壤含水量条件的研究。

在玉米流体穴播中,土壤含水量、种子浸泡时间、每穴种液用量等条件对种子出苗率及生长性状有很大影响,同时种液施用量又与土壤含水量状况有关,若种液浓度一定,应根据土壤含水量条件的不同确定不同用量;若用量一定,应根据土壤含水量条件调整种液浓度。本文在种液浓度相同的条件下,研究土壤含水量、种子浸泡时间、种液用量等条件对种子出苗率的影响,探讨种液施用量的土壤含水量条件,为流体播种技术的应用及其播种机具的研究提供依据。

1 材料与方法

采取二次回归正交旋转组合设计法进行盆栽试验。选用博亚高能抗旱保水剂(产地:河北唐山;形状:颗粒状),种液浓度为 0.15%。玉米种子为东单 60,该品种适宜辽宁等东北大部分地区。试验土壤取自沈阳棋盘山地区,土壤类型为棕壤,土壤质地为轻壤;试验前 1 个月取土,放置室内摊晾,自然干燥,以利于配制试验所需不同含水量的土壤;播种前两天配土,以保证土中水分均匀。试验用盆高 15 cm,直径 15 cm;试验指标为玉米出苗率。播种后每天 8:00 测试并记录。

2 试验方案

根据正交旋转组合设计对各因素进行编码,土壤含水量的下限为 3.24%,是土壤在室内晾干后的

水分含量,选择较低含水量有利于研究种液用量的影响;而上限的选取考虑到土壤施加种液后的含水量不超过有利于种子萌发的土壤含水量(土壤含水量低于 11%或高于 22%对出苗均不利)^[18],故土壤含水量的上限定为 11%,零水平为 7.12%,零水平与干旱地区土壤条件相近。种子浸泡时间零水平确定为 24 h,与生产上播前浸种相近;其变化范围为 0~48 h,目的在于对比播前浸种与不浸种、浸泡时间对种子萌发出苗的影响。目前,坐水播种施水量为 7.5~75 m³·hm⁻²^[5],流体播种由于保水剂的应用,可以减少坐水量。本试验按节约用水 50% 以上来确定,种液用量零水平为 70 ml。变量参数 $p=3$;星号臂值 $r=1.682$;±1 水平的因素点试验全部实施为 $m_c=2p=8$;± r 水平的星号臂点 $m_r=2p=6$;为了使得二次旋转组合设计具有正交性,各因素是零水平的中心点为 $m_o=9$;故总试验点 $n=23$ 。因素水平编码如表 1 所示,试验安排如表 2 所示。表 2 中乘积项由相应两因子列相乘而得,表中平方项 x'_j 由下式进行中心换算得到^[18]。 y 为试验指标出苗率。

$$x'_{kj} = x_{kj}^2 - \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n x_{kj}^2 = x_{kj}^2 - \frac{1}{n} (m_c + 2\gamma^2) = x_{kj}^2 - 0.594 \tag{1}$$

3 出苗率与试验变量的回归模型

方差分析(如表 3 所示)表明,对应于 x_2 、 x_1x_2 、 x_2x_3 、 x'_2 项偏回归平方 F_1 检验不显著,故除去这些项。其中 x_2 为种子浸泡时间。失拟均方与误差的 F_1 检验显著,回归方程的 F_2 检验显著,说明回归方程拟合不是最好。其主要影响因素是种子本身的发芽率,取决于种子质量,故不予考虑。出苗率与试验变量的回归方程为:

$$y = 72.7 + 16.7x_1 + 23.1x_3 - 18.1x_1x_3 - 3.6x'_1 - 14.5x'_3 \tag{2}$$

根据式(1),将 $x'_1 = x_1^2 - 0.594$ 、 $x'_3 = x_3^2 - 0.594$ 代入上式(2),再分别将 $x_1 = (Z_1 - 7.12)/2.38$ 、 $x_3 = (Z_3 - 70)/43$ 代入,整理得出出苗率与土壤含水量、种液用量的回归模型为:

$$y = -162.9 + 28.45Z_1 + 2.89Z_3 - 0.177Z_1Z_3 - 0.636Z_1^2 - 7.8 \times 10^{-3}Z_3^2 \tag{3}$$

取种液用量为零水平即 $Z_3 = 70$ ml 时,出苗率与土壤含水量关系的数学模型为:

$$y = 1.18 + 16.06Z_1 - 0.636Z_1^2 \tag{4}$$

取土壤含水量为零水平即 $Z_1 = 7.12\%$ 时, 出苗率与种液用量关系的数学模型为:

$$y = 7.78 + 1.63Z_3 - 7.8 \times 10^{-3}Z_3^2 \quad (5)$$

表 1 各因素对出苗率影响的试验因素水平编码
Table 1 Codes of factors and levels affecting emergence

因素 Factors		设计水平 Levels $r = 1.682$					间距 Δ_j Interval	x_j
		$-r$	-1	0	1	r		
土壤含水量 Soil moisture content/%	Z_1	3.24	4.74	7.12	9.5	11	2.38	$x_1 = (Z_1 - 7.12)/2.38$
种子浸泡时间 Soaking time/h	Z_2	0	9.26	24	38.74	48	14.74	$x_2 = (Z_2 - 24)/14.74$
种液用量 Gel application rate/ml	Z_3	0	27	70	113	140	43	$x_3 = (Z_3 - 70)/43$

表 2 试验因素对出苗率影响的试验方案及试验结果
Table 2 Experimental design and results on the effects of testing factors on emergence rate

编号 No.	x_0	x_1	x_2	x_3	x_1x_2	x_1x_3	x_2x_3	x'_1	x'_2	x'_3	$y/\%$
1	1	-1	-1	-1	1	1	1	0.406	0.406	0.406	0
2	1	-1	-1	1	1	-1	-1	0.406	0.406	0.406	72.22
3	1	-1	1	-1	-1	1	-1	0.406	0.406	0.406	0
4	1	-1	1	1	-1	-1	1	0.406	0.406	0.406	83.33
5	1	1	-1	-1	-1	-1	1	0.406	0.406	0.406	88.89
6	1	1	-1	1	-1	1	-1	0.406	0.406	0.406	88.89
7	1	1	1	-1	1	-1	-1	0.406	0.406	0.406	83.33
8	1	1	1	1	1	1	1	0.406	0.406	0.406	94.44
9	1	-1.682	0	0	0	0	0	2.235	-0.594	-0.594	66.67
10	1	1.682	0	0	0	0	0	2.235	-0.594	-0.594	83.33
11	1	0	-1.682	0	0	0	0	-0.594	2.235	-0.594	77.78
12	1	0	1.682	0	0	0	0	-0.594	2.235	-0.594	88.89
13	1	0	0	-1.682	0	0	0	-0.594	-0.594	2.235	5.55
14	1	0	0	1.682	0	0	0	-0.594	-0.594	2.235	88.89
15	1	0	0	0	0	0	0	-0.594	-0.594	-0.594	88.89
16	1	0	0	0	0	0	0	-0.594	-0.594	-0.594	77.78
17	1	0	0	0	0	0	0	-0.594	-0.594	-0.594	83.33
18	1	0	0	0	0	0	0	-0.594	-0.594	-0.594	83.33
19	1	0	0	0	0	0	0	-0.594	-0.594	-0.594	94.44
20	1	0	0	0	0	0	0	-0.594	-0.594	-0.594	83.33
21	1	0	0	0	0	0	0	-0.594	-0.594	-0.594	83.33
22	1	0	0	0	0	0	0	-0.594	-0.594	-0.594	83.33
23	1	0	0	0	0	0	0	-0.594	-0.594	-0.594	77.78

4 试验因素对出苗率的影响

绘制土壤含水量与种液用量对出苗率的影响曲线,如图 1 所示。从图中可以看出土壤含水量和种液用量对出苗率的影响显著。在变化趋势上都是随着二者数值的增大出苗率提高;但二者共同作用是

在其数值较小时对出苗率影响变化显著,在其数值较大时,对出苗率影响变化趋势减缓并下降,说明土壤总含水量过大,对种子萌发出苗不利。

在种液用量和土壤含水率一定的条件下,可分别得到出苗率与土壤含水量和种液用量的关系曲线如图 2 和图 3 所示。

表 3 试验结果方差分析

Table 3 Variance analysis of results

变异原因 Causes for variation		偏差平方和 Sum of square of deviations	自由度 Degree of freedom	均方 Mean square	F	$F_{0.05}$	$F_{0.01}$
一次 First degree term	x_1	3806.79	1	3806.79	143.31	5.317	11.258
	x_2	64.96	1	64.9619	2.445		
	x_3	7319.04	1	7319.04	275.536		
交互作用 Interaction term	x_1x_2	15.456	1	15.4568	0.581		
	x_1x_3	2607.86	1	2607.86	98.176		
	x_2x_3	61.7165	1	61.7165	2.323		
二次 Quadratic term	x'_1	208.306	1	208.306	7.842		
	x'_2	6.78272	1	6.78272	0.255		
	x'_3	3340.19	1	3340.19	125.746		
F_1 检验 F_1 test	回归 Regression	17431.11	9	1936.79	72.913	3.388	5.910
	失拟 Lack of fit	1486.067	5	297.213	11.189	3.687	6.631
	误差 Error	212.503	8	26.5629			
F_2 检验 F_2 test	回归 Regression	17431.11	9	1936.79	14.823	2.714	4.191
	剩余 Residual	1698.57	13	130.659			
	总体 Total	19129.69	22				

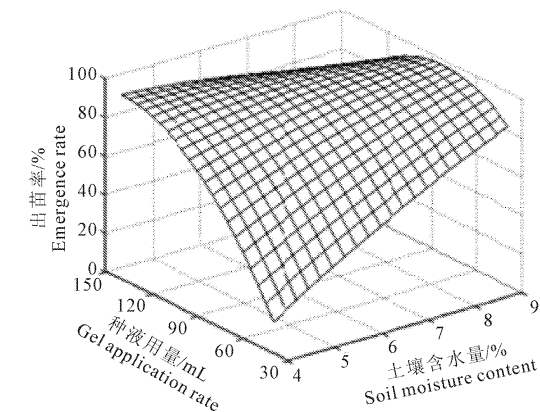


图 1 土壤含水量、种液用量对出苗率的影响

Fig.1 Effects of soil moisture content and Gel application rate

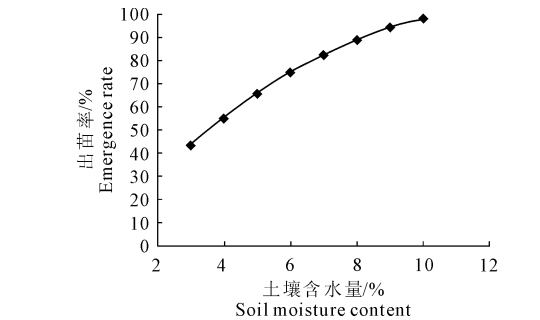


图 2 出苗率与土壤含水量的关系

Fig.2 Effect of soil moisture content on emergence rate

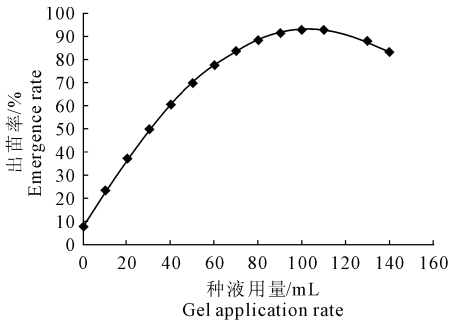


图 3 出苗率与种液用量的关系

Fig.3 Effect of gel application rate on emergence rate

由图 2 可知,出苗率随土壤含水量的提高而增大,曲线和式(4)均可以说明土壤含水量对出苗率的影响是非线性的。图 3 是土壤含水量为零水平时,种液用量对出苗率的影响,在种液用量较少时,对出苗率影响显著,随种液用量的增加出苗率显著提高;随着种液用量的继续增加出苗率提高趋势变缓,大约在种液用量为 100 ml 以上呈下降趋势,说明施加较多种液造成土壤总含水量过高对种子萌发出苗不利。因此在土壤含水量为 7.12%、种液浓度为 0.15%时,若按玉米行距 0.6 m、株距 0.3 m,则单位面积种液用量应低于 $5.6\text{ m}^3\cdot\text{hm}^{-2}$ 。

5 种液用量应用条件研究

由式(3),为保证 y 出苗率,可得种液用量 Z_3 和土壤含水量 Z_1 关系的数学模型为:

$$Z_3 = 185.89 - 11.35Z_1 - 64.1 \times \sqrt{3.328 - 0.139Z_1 + 0.0115Z_1^2 - 3.12y} \quad (6)$$

由此式绘制出保证出苗率在 80% ~ 85% 时,土壤含水量 Z_1 和种液用量 Z_3 的关系曲线如图 4 所示。由图可知,为保证正常的出苗率,随土壤含水量的降低必须增加种液用量。如土壤含水量为 8% 时,为保证 80% 的出苗率,需种液量 45 ml;在同一土壤含水量下,要保证种子有较高的出苗率,则需要增加种液用量,如为保证 85% 的出苗率,需种液量为 53 ml。在土壤含水量超过 10% 时,种液需求量较少,这与种子正常出苗条件是一致的。

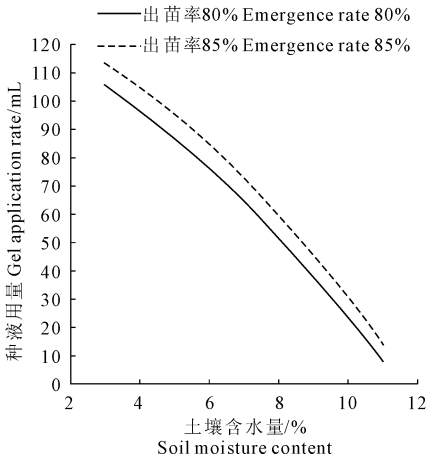


图 4 保证出苗率的种液用量和土壤含水量的关系
Fig.4 Gel application rate and soil moisture content for essential emergence rate

6 结 论

分别建立了出苗率与每穴种液用量、土壤含水率的关系模型,二者对出苗率的影响为非线性,其数值较小时,对出苗率影响显著,其数值较大时,对出苗率影响变化趋势减缓并下降,表明施加较多种液或土壤总含水量过高对种子萌发出苗不利。在土壤含水量为 7.12%、种液浓度为 0.15% 时,每穴种液用量不应超过 100 ml,单位面积种液用量应低于 $5.56 \text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ 。这一用量远低于坐水播种 $7.5 \sim 75 \text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ ^[5] 的用水量,保水剂的应用起到了节水作用。建立了保证出苗率的土壤含水率与每穴种液用量之间的数学模型,由该模型可根据土壤含水量情况来确定流体播种时的种液施用量。

试验中种子浸泡时间对出苗率影响不显著,但

播前浸泡可缩短或略去种子在田间的吸水膨胀过程,为萌发提供充足的水分保证,种子萌发、出苗早,并且保水剂的缓释作用可以保证出苗后一段时期内作物生长需要^[1-2,14,16-17]。因此,流体播种适于干旱、半干旱地区的播种作业,对保证正常农业生产具有重要现实意义。

参 考 文 献:

[1] 张富仓,李继成,雷 艳,等.保水剂对土壤保水持肥特性的影响研究[J].应用基础与工程科学学报,2010,18(2):120-127.

[2] 黄占斌,张国桢,李秧秧,等.保水剂特性测定及其在农业中的应用[J].农业工程学报,2002,18(1):22-26.

[3] 吴普特,冯 浩,牛文全,等.现代节水农业技术发展趋势与未来研发重点[J].中国工程科学,2007,9(2):12-18.

[4] 崔奎顺.ZBT-2X 玉米催芽滤水穴施肥精播机的试验研究[J].农机使用与维修,2002,(5):6-7.

[5] 吴崇友,金诚谦,涂安富,等.我国坐水播种机需重点解决的几个技术问题[J].中国农机化,2004,(6):23-25.

[6] 辛明金,宋玉秋,李宝筏,等.流体播种技术发展及其关键技术分析[J].农机化研究,2007,(7):207-209.

[7] Pill W G. Advances in fluid drilling[J]. Hort. Technology, 1991,(10):59-65.

[8] Kahn B A, Motes J E. Comparison of fluid drilling with conventional planting methods for stand establishment and yield of spring and fall broccoli crops[J]. Journal of American Society of Horticultural science, 1988,113(5):670-674.

[9] Fisher C G, Conway K E, Motes J E. Fluid drilling: a potential delivery system for fungal biological control agents with small-seeded vegetables[J]. Proc. Okla. Acad. Sci, 1983,63:100-101.

[10] Sanders D C, Ricotta J A, Hodges L. Improvement of carrot stands with plant biostimulants and fluid drilling[J]. Hortscience, 1990,25(2):181-183.

[11] Bryan H H, Maas F A, Sherry M. Fluid drilling of pregerminated pepper seed[J]. Proc. Fla. State Hort. Soc,1982,95:353-356.

[12] 李宝筏.农业机械学[M].北京:中国农业出版社,2003.

[13] 刘 晔.SL - PBJ 型水力草种喷播机的研制[J].农业机械学报,2004,35(2):187-188.

[14] 杨永辉,武继承,李宗军,等.保水剂用量对冬小麦生长及水肥利用的影响[J].干旱地区农业研究,2013,31(3):127-132,149.

[15] 辛明金,宋玉秋,任文涛,等.玉米流体穴播种子物理机械特性研究[J].中国农机化,2011,(4):45-47.

[16] 崔英德,郭建维,阎文峰,等.SA-IP-SPS 型保水剂及其对土壤物理性能的影响[J].农业工程学报,2003,19(1):28-31.

[17] 韩玉国,武亨飞,杨培岭,等.保水剂对土壤的物理性质与水分入渗的动态影响[J].干旱地区农业研究,2013,31(5):161-167.

[18] 中国农用土壤概论编委会.中国农业土壤概论[M].北京:农业出版社,1982.