

# 不同土壤质地与干旱程度对玉米出苗的影响

王秋京<sup>1</sup>,王冬冬<sup>2</sup>,董 洋<sup>3</sup>,吕佳佳<sup>1</sup>,曲辉辉<sup>1</sup>,王煦煦<sup>1</sup>,宫丽娟<sup>1</sup>

(1. 黑龙江省气象科学研究所,黑龙江 哈尔滨 150030;2. 黑龙江省气象局后勤服务中心,黑龙江 哈尔滨 150030;3. 黑龙江省气象信息中心,黑龙江 哈尔滨 150030)

**摘要:**为了进一步调整细化黑龙江省干旱等级划分范围,以郑丹 958 为试验材料,采用盆栽称重控水法,研究不同土壤质地、不同干旱程度对玉米出苗及苗期生长的影响。结果表明:不同的土壤干旱程度对玉米出苗率、出苗时间、株高和苗期作物表象影响显著,不同质地的土壤干旱等级也各不相同。壤土土壤相对湿度在 70%、粘壤土土壤相对湿度在 75%、砂壤土土壤相对湿度在 65% 时,玉米出苗率、株高、叶面积等指标较高,适宜培育壮苗。当壤土土壤相对湿度在 60%~70%、粘壤土土壤相对湿度在 65%~75%、砂壤土土壤相对湿度在 55%~65% 时,玉米出苗率、株高、叶面积等指标均明显降低,生长受到抑制;壤土 60% 以下的土壤相对湿度、粘壤土 65% 以下的土壤相对湿度以及砂壤土 55% 以下的土壤相对湿度,不适宜玉米播种。

**关键词:**土壤质地;土壤干旱;玉米;出苗率

**中图分类号:**S513.01

**文献标识码:**A

**文章编号:**1002-2767(2014)11-0031-05

黑龙江省是我国的农业大省,每年向国家提供商品粮 150 亿 kg 以上,已成为国内最大的商品粮基地之一,具有应对突发事件的能力与平抑国内粮价的保障功能<sup>[1]</sup>。但近些年来,在全球气候变暖的大背景下,加之人类活动的影响,黑龙江省春季干旱频繁发生,干旱的程度不断加重,对粮食安全生产造成巨大威胁。一般来说,玉米在播种期遇到干旱,所受的危害最大。玉米播种后,土壤水分亏缺会影响作物种子的正常发芽和出苗,水分亏缺严重可能导致出苗率降低而难保全苗。研究表明,在较为干旱的状况下,玉米产量与播种期土壤水分含量呈正相关关系<sup>[2]</sup>,由此可见,前期干旱对作物造成的损失是十分严重的。在干旱管理中,为及时了解和应对不同程度的干旱,人们往往把干旱划分为不同的等级。土壤相对湿度(relative soil moisture,以下简称 R)是反映土壤含水量的指标之一,旱地农作物常采用 10~20 cm 深度的土壤相对湿度进行土壤水分盈亏监测<sup>[3]</sup>。黑龙江省现行土壤相对湿度评价旱涝的量级标准为土壤相对湿度在 70%~50% 为偏旱,小于 50% 为严重干旱<sup>[4]</sup>。一般情况下,考虑土壤相对湿度,排除了土质的影响,但实际上由于不同质地土壤吸附水分能力的不同,在同一土壤相对湿

度下有效利用的水分不同,对作物的生长发育存在一定差异,因此在实际情况下考虑不同土壤质地还是很必要的。目前,关于水分与玉米播种出苗关系的研究较多,在不同干旱程度对玉米形态和生理生化方面展开了大量研究<sup>[5-11]</sup>,但针对黑龙江地区春玉米主要发育期干旱程度影响的量化评价指标并不完善,不同质地的土壤干旱对作物出苗的影响相关研究较少。该文通过进行室内盆栽控水试验,研究不同土壤质地和不同土壤干旱程度对玉米出苗的影响,旨在根据黑龙江省不同地区土壤质地,对黑龙江省现行的干旱等级划分范围进行适当调整、细化,以满足当地的实际需要。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

供试玉米品种为郑丹 958。供试土壤质地为壤土、砂壤土和粘壤土,试验用土均采自耕层土壤(0~20 cm)。壤土采自哈尔滨试验站,粘壤土采自拜泉县试验站,砂壤土采自泰来县试验站。

### 1.2 方法

试验于 2012 年 4 月 20 日~5 月 20 日在试验室内进行。由于土壤重量含水量低于 10% 玉米种子不能顺利萌发<sup>[12]</sup>,所以壤土、砂壤土、粘壤土底墒下限设为 8% 左右。分别增加底墒量,使盆内土壤重量含水量达到 8%~28%,并转换成对应的土壤相对湿度。具体试验设计见表 1。每种土壤设 5 个处理,5 次重复。将所采土壤烘干,

收稿日期:2014-03-14

基金项目:科技部公益性行业(气象)科研专项资助项目(GYHY201206018);黑龙江省气象局科学技术研究资助项目(HQ2013026)

第一作者简介:王秋京(1979-),女,黑龙江省哈尔滨市人,硕士,工程师,从事应用气象研究。E-mail: shijianfeila@126.com。

磨细后过 2 mm 筛装盆。每盆于播种前 1 d 按不同处理分层浇水,以便形成不同的土壤重量含水量(盆栽按组装盆,由于盆的体积是固定的 1 000 mL,所以每盆所需烘干土重也就确定为 750 g,土壤装盆前需先测含水量,经过计算后,得出每组所需水的重量,分 5 次均匀倒入土内,尽力使水分均匀分布其中,处理后用保鲜膜包好盆口,以防水分蒸发)。播种前测定各处理的土壤重量含水量并记录,播后每天 9:00 观察记录出苗情况,同时观测出苗时间、叶片数、株高和室内温度。每盆播 4 粒种子,播种深度 4 cm,均匀摆开,出苗后计算出苗率、株高、叶片数和叶面积。土壤底墒用称重法控制(% ,重量含水量)。

土壤相对湿度公式:

$$R = \frac{w}{f} \times 100\% \quad (1)$$

式中:  $R$  为土壤相对湿度(%);  $w$  为土壤重量含水量(%);  $f$  为土壤田间持水量(% )。

出苗以叶片露出表土 2 cm 为准,播种后 10 d 开始观测出苗率,14 d 后结束,并将同一土壤含水量水平各重复的出苗率平均后进行分析<sup>[14]</sup>。当作物出苗率为 80% 以上时为适宜播种指标,出苗率在 60%~80% 时为非经济播种指标,出苗率小于 60% 为不适宜播种指标<sup>[13-14]</sup>。

叶面积( $S_1$ )计算方法:测量叶片长宽,量取样本植株每片完全展开叶的完整的绿色叶片的长度( $L_i$ )和最大宽度( $D_i$ ),见公式(2)。

$$S_1 = \sum_{i=1}^n L_i \times D_i \times k \quad (2)$$

式中:  $L_i$  为叶片长度(cm);  $D_i$  为叶片最大宽度(cm);  $k$  为叶面积校正系数(玉米  $k=0.70$ )。

表 1 不同质地土壤相对湿度处理设计

Table 1 Relative soil moisture of different soil types

壤土 Loam	土壤相对湿度/% Relative soil moisture	粘壤土 Clay loam	土壤相对湿度/% Relative soil moisture	砂壤土 Sandy loam	土壤相对湿度/% Relative soil moisture
A-7	70	B-7	75	C-7	75
A-6	60	B-6	65	C-6	65
A-5	50	B-5	55	C-5	55
A-4	40	B-4	45	C-4	45
A-3	30	B-3	35	C-3	35

## 2 结果与分析

### 2.1 不同土壤湿度对出苗率的影响

由表 2 可以看出,在实验观测初期(播种后 10 d),在土壤含水量处于 70% 或 75% 时,即适宜土壤水分情况下,各出苗率均在 90% 以上,可认为适宜播种,土壤含水量小于 70%,只有砂壤土出苗率为 85%,其余两种土壤出苗率均小于 60% 为不能播种指标。说明在土壤含水量大于 70%

的条件下均可以满足玉米播种的需要。在试验观测末期(播种后 24 d),在土壤含水量处于 70% 或 75% 时,即适宜土壤水分情况下,各出苗率均在 90% 以上,可认为适宜播种,土壤含水量在 60%~65% 时,3 种土壤出苗率均大于 60%,可认为非经济播种指标。总体来看在土壤含水量大于 60% 的条件下均可以满足玉米播种的需要。

表 2 播种后不同质地土壤出苗率比较

Table 2 Emergence rate of different soil types after sowing

壤土 Loam	出苗率/% Emergence rate		粘壤土 Clay loam	出苗率/% Emergence rate		砂壤土 Sandy loam	出苗率/% Emergence rate	
	10 d	24 d		10 d	24 d		10 d	24 d
A-7	100.00	100.00	B-7	90.00	95.00	C-7	100.00	100.00
A-6	41.67	66.70	B-6	55.00	67.00	C-6	85.00	95.00
A-5	—	—	B-5	—	35.00	C-5	40.00	75.00
A-4	—	—	B-4	—	—	C-4	25.00	40.00
A-3	—	—	B-3	—	—	C-3	—	—

从土壤质地上分析,砂壤土在土壤相对湿度较低的情况下(55%),出苗率仍然较高,可见在土

壤湿度相同的情况下,砂壤土土质吸附水的能力相对较差,可被植物利用的有效水较多。

2.2 不同土壤湿度对种子的影响

试验结束后(播种后 30 d),为了进一步研究种子萌发与水分的关系,观察没有出苗的种子。

壤土相对湿度为 50%(A-5)的没有出苗,但是所有的种子吸水膨大,并长有 2~4 cm 的根,个别已经出芽,但没有破土。壤土相对湿度为 40%(A-4)的 90% 的种子吸水膨大,但没有根。土壤相对湿度为 30%(A-3)的只有极少数种子吸水膨大。

对于粘壤土土湿 55%(B-5)的幼苗虽然破土但是中间生长停滞,或已枯死。B-4 没有出苗,但是所有的种子吸水膨大,有一半长有 3~4 cm 的根,个别已经出芽,但没有破土。B-3 个别种子略有膨大,但没有根。

对于砂壤土土湿 45%(C-4)播种后 24 d 出苗率为 40%,虽然部分幼苗破土但是中间生长停滞,或已枯死。C-3 没有出苗,但是所有的种子吸水膨大,并长有 2~4 cm 的根,大部分已经出芽,但没有破土。

3 组土壤处理种子形态的变化均表明,随着土壤含水量逐渐降低,不能满足种子萌发所需水分,种子萌发受到制约。

2.3 不同土壤湿度对出苗时间的影响

壤土 A-7 的平均出苗时间的播种后 7 d,比 A-6 的提前 3 d 左右。粘壤土 B-7 的平均出苗时间为播种后 6 d,比 B-6 的提前 2 d 左右,比 B-5 的提前 4 d 左右。砂壤土 C-7 的平均出苗时间为播种后 6 d,比 C-6 提前 1 d 左右,比 C-5 的平均出苗时间提前 2 d 左右,比 C-4 的平均出苗时间提前 6 d 左右。

可见土壤水分含量不仅影响作物的出苗率而且也决定出苗时间的快慢。土壤越干旱,出苗的时间就相应延长,出苗速度相应变慢,出苗率就越低。

2.4 叶龄分析

由表 3 可知,叶龄除了反映长势外,还反映出玉米幼苗营养生长速度快慢。不同水分处理的玉米叶龄差异较大。观测末期,对于壤土,不同土壤相对湿度叶龄依次减少至 1.5 片叶。A-7 和 A-6 间差异明显,随着土壤相对湿度的降低,都会使玉米叶片减少,过于干旱(土壤相对湿度小于 60%)则会导致植株不能正常生长。

观测末期,对于粘壤土,不同土壤相对湿度叶龄依次减少至 0.4 片叶。B-7 和 B-6 间差异明显,随着土壤相对湿度的降低,都会使玉米叶片减少,过于干旱(土壤相对湿度小于 65%)则会导致植株不能正常生长。

观测末期,对于砂壤土,不同土壤相对湿度叶龄依次减少至 1.1 片叶。C-6 和 C-5 间差异很明显,随着土壤相对湿度的降低,都会使玉米叶片减少,过于干旱(土壤相对湿度小于 45%)则会导致植株不能正常生长。

2.5 叶面积

由表 3 可知,观测末期,壤土不同土壤相对湿度叶面积减少 3.4 m<sup>2</sup>。A-7 和 A-6 间差异明显,随着土壤相对湿度的降低,都会使玉米叶片缺水卷曲,过于干旱(土壤相对湿度小于 60%)则会导致植株不能正常生长。

观测末期,粘壤土不同土壤相对湿度叶面积依次减少 1.8 m<sup>2</sup>。B-7 和 B-6 间差异明显,随着土壤相对湿度的降低,都会使玉米叶片缺水卷曲,过于干旱(土壤相对湿度小于 65%)则会导致植株不能正常生长。

观测末期,对于砂壤土,不同土壤相对湿度叶面积依次减少至 6.0 m<sup>2</sup>。随着土壤相对湿度的降低,都会使玉米叶片缺水卷曲,过于干旱(土壤相对湿度小于 45%)则会导致植株不能正常生长。

表 3 不同处理下玉米幼苗植株性状比较

Table 3 Comparison on plant character of maize seedling of different treatments

处理 Treatments		总叶数 Total number of leaf	株数 Number of plant	平均叶数 Average number of leaf	平均叶面积/m <sup>2</sup> Average area of leaf	植株性状表现 Plant characters
壤土 Loam	A-7	23.0	12	1.9	5.3	除死亡一株外,叶子全部展开
	A-6	12.5	8	1.5	1.9	叶子全部没展开,卷曲,个别枯死
	A-5	无	无	无	无	
	A-4	无	无	无	无	
	A-3	无	无	无	无	
粘壤土	B-7	33.0	18	1.8	7.8	植株的叶子有 2 株没有展开

续表 3

Continuing Table 3

处理 Treatments		总叶数 Total number of leaf	株数 Number of plant	平均叶数 Average number of leaf	平均叶面积/m <sup>2</sup> Average area of leaf	植株性状表现 Plant characters
Clay loam	B-6	22.5	16	1.4	6.0	植株的叶子有 6 株没展开,个别枯死
	B-5	无	无	无	无	
	B-4	无	无	无	无	
	B-3	无	无	无	无	
砂壤土	C-7	39.0	20	2.0	10.6	植株的叶子全部展开
Sandgloam	C-6	31.5	19	1.7	6.8	植株的叶子有 8 株没展开,个别枯死 植株的叶子全部没有展开 叶子卷曲无法测量
	C-5	10.5	10	1.1	6.0	
	C-4	1.0	1			
	C-3	无	无	无	无	

## 2.6 植株高度

不同水分处理的玉米株高差异也较大。观测末期,不同土壤质地不同土壤相对湿度的株高依次降低 2~8 cm 不等,株高随着土壤相对湿度(水分)的下降而明显下降,土壤越干燥,对幼苗生长抑制作用越大。说明水分充足有利于玉米幼苗生长,一旦水分不足,玉米幼苗生长缓慢,甚至不出苗。

由图 1 可知,在壤土中,A-7 的株高明显高于其它处理,较适宜作物生长。A-7 和 A-6 间差异很明显,随着土壤相对湿度的降低,都会使玉米株高降低,过于干旱(土壤相对湿度小于 60%)则会导致植株不能正常生长。

在粘壤土中,B-7 的株高较其它处理达到最高,较适宜作物生长。随着土壤相对湿度的降低,都会使玉米株高降低,过于干旱(土壤相对湿度小于 55%)则会导致植株不能正常生长。

在砂壤土中,C-7 的株高较其它处理达到最高;C-6 次之,二者较适宜作物生长。随着土壤相对湿度的降低,都会使玉米株高降低,过于干旱(土壤相对湿度小于 45%)则会导致植株不能

正常生长。

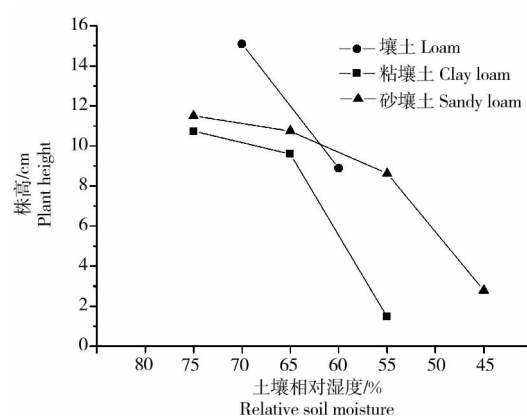


图 1 各处理下玉米的株高

Fig. 1 The plant height of maize under different processes

## 2.7 玉米播种期干旱等级划分

综合出苗时间、出苗率、株高、叶面积及作物表象(叶面舒展卷曲、是否萎蔫等)等研究指标,确定出适合黑龙江省不同土壤质地玉米播种期干旱等级(见表 4)。

表 4 玉米播种期干旱等级划分

Table 4 Drought classification during the maize sowing period

等级 Level	类型 Type	土壤相对湿度 $R_{sn}$ / %			作物形态 Form of plant
		壤土 Loam	粘壤土 Clay loam	砂壤土 Sandy loam	
0	无旱	$70 \leq R_{sn}$	$75 \leq R_{sn}$	$65 \leq R_{sn}$	苗齐苗壮,出苗率高
1	轻旱	$60 \leq R_{sn} < 70$	$65 \leq R_{sn} < 75$	$55 \leq R_{sn} < 65$	出苗期过长,出苗率下降,小苗不齐
2	中旱	$50 \leq R_{sn} < 60$	$55 \leq R_{sn} < 65$	$45 \leq R_{sn} < 55$	出苗缓慢,缺苗严重
3	重旱	$40 \leq R_{sn} < 50$	$45 \leq R_{sn} < 55$	$35 \leq R_{sn} < 45$	不适宜播种
4	特旱	$R_{sn} < 40$	$R_{sn} < 45$	$R_{sn} < 35$	不适宜播种

### 3 结论与讨论

对于壤土,当土壤相对湿度在 70% 时,玉米出苗率、株高和叶面积等指标较高,适宜培育壮苗。当土壤相对湿度在 60%~70% 时,玉米出苗率、株高、叶面积等指标均明显降低,生长受到抑制;60% 以下的土壤相对湿度不适宜玉米播种。对于粘壤土,当土壤相对湿度在 75% 时,玉米出苗率、株高、叶面积等指标较高,适宜培育壮苗。当土壤相对湿度在 65%~75% 时,玉米出苗率、株高、叶面积等指标均明显降低,生长受到抑制;65% 以下的土壤相对湿度不适宜玉米播种。对于砂壤土,当土壤相对湿度在 65%~75% 时,玉米出苗率、株高、叶面积等指标较高,适宜培育壮苗。当土壤相对湿度在 55%~65% 时,玉米出苗率、株高、叶面积等指标均明显降低,生长受到抑制;55% 以下的土壤相对湿度不适宜玉米播种。

通过试验数据分析可以看出,每种土壤达到玉米适宜播种时,土壤相对湿度并不相等。出苗率、株高和叶面积等指标与土壤水分含量正相关,即随着土壤水分含量的增加,出苗率、株高和叶面积随之提高。

从试验结果来看,无论什么土壤质地,过低的土壤底墒均不利于幼苗的生长发育。土壤底墒过低导致玉米出苗时间慢、缺苗断苗、出苗不齐及幼苗弱小等现象。当土壤含水量降低到一定程度的时候,作物会出现水分亏缺的现象,进而影响产量,严重时很可能出现大面积的作物枯死,造成绝收。为了便于评估受旱程度和采取相应的抗旱措施,也便于人们能够直观地了解旱情,故需要划分旱情评价等级<sup>[15]</sup>。

该试验仅为 1 a 的数据,仍存在较多问题需要解决。如何减少水分蒸发及精确的控制土壤含水量的问题等,以及不同含水量条件下对玉米地下生物量的影响均需进一步试验与验证。从试验的结果来看,每组土壤相对湿度以 10 为梯度设计有些过粗,下一步工作的重点应该以 5 为梯度进

行加密试验,以获得更准确的指标。室内的盆栽试验结果和自然大田也有区别,大田土壤孔隙度大,风干快,适宜土壤湿度和干旱指标和盆栽的还是有一定差距的,小区试验也许能更好地反映出大田的真实情况。

#### 参考文献:

- [1] 王秋京,朱海霞,宫丽娟,等. 2013 年黑龙江省农业气象年景分析[J]. 现代化农业,2013(3):68-69.
- [2] Nielsen D C, Vigil M F, Benjamin J G. The variable response of dry land corn yield to soil water content at planting[J]. Agricultural Water Management, 2009, 96: 330-336.
- [3] 高桂霞,许明丽,唐继业. 干旱指标及等级划分方法研究[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(9): 5301-5305.
- [4] 李帅,杜春英. 黑龙江省农业与气候[M]. 哈尔滨:东北林业大学出版社,2012:72.
- [5] 陈若礼,王兴于,张存玲,等. 夏玉米播种出苗和生长发育与耕层土壤水分含量的关系[J]. 玉米科学, 2006, 14(Z1): 112-113, 117.
- [6] 陈若红,张源,陈若礼,等. 耕层土壤水分含量对夏玉米出苗及生育的影响[J]. 安徽农业科学, 2006, 34(1): 116-117.
- [7] 王琪,马树庆,徐丽萍,等. 东北地区春旱对春玉米幼苗长势的影响指标和模式[J]. 自然灾害学报, 2011, 20(5): 141-147.
- [8] 张玉书,米娜,陈鹏狮,等. 土壤水分胁迫对玉米生长发育的影响研究进展[J]. 中国农学通报, 2012, 28(3): 1-7.
- [9] 张淑杰,张玉书,纪瑞鹏,等. 水分胁迫对玉米生长发育及产量形成的影响研究[J]. 中国农学通报, 2011, 27(12): 68-72.
- [10] 赵先丽,张玉书,纪瑞鹏,等. 辽宁苗期玉米根叶对水分胁迫的响应[J]. 中国农学通报, 2011, 27(30): 21-26.
- [11] 王群,张和喜. 沙土底墒与灌水量对玉米苗期生长发育的影响[J]. 贵州农业科学, 2008, 36(3): 32-34.
- [12] 王会肖. 土壤温度,水分胁迫和播种深度对玉米种子萌发出苗的影响[J]. 生态农业研究, 1995, 3(4): 70-74.
- [13] 赵先丽,张玉书,纪瑞鹏,等. 辽宁春玉米出苗期水分胁迫试验初探[J]. 气象与环境学报, 2010, 26(4): 35-39.
- [14] 李秋祝. 干旱胁迫对春玉米主要生理参数及产量影响的研究[D]. 哈尔滨:东北农业大学, 2005: 1-75.
- [15] 彭世琪,钟永红,崔勇,等. 农田土壤墒情监测技术手册[M]. 北京:中国农业科学技术出版社, 2008: 82.