

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

王会肖

中国科学院
(地理研究所 北京 100101)
国家计委

摘 要 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,《生态农业研究》,3(4)1995:70—74

萌发试验同时在实验室和田间进行。试验结果表明,当土壤含水量低于10%时,玉米种子将不能顺利萌发。温度变化可以加速种子萌发,田间条件下,50%种子萌发所需的积温范围为18.6—23.8℃,决定于昼夜的温差。播种深度影响出苗速率,50%出苗所需的时间播深8厘米比播深5厘米推迟半天(相当于积温3—5℃),80%出苗所需的时间播深8厘米比播深5厘米推迟1天(相当于积温7—10℃)。

关键词 种子萌发出苗 积温 水分胁迫 播深

Abstract Wang Huixiao (Institute of Geography, CAS, Beijing 100101): Effects of soil temperature, water stress and sowing depth on germination and emergence of maize, *EAR*, 3(4) 1995:70—74

The germination experiments were carried out both in laboratory and in fields. Results showed that when soil water content was lower than 10%, maize germination would be constrained. Large temperature difference will accelerate germination rate by comparison of the thermal time for Gt50 between laboratory and field results, and among field results of different sowing date. Thermal time required for 50% seed germination was at 18.6 to 23.8℃ ds depending on the difference in temperature. Sowing depth affected the rate of emergence. When sowing depth was increased from 5cm to 8cm, time required for 50% emergence was increased by half a day, and for 80% emergence by one day.

Key words Seed germination and emergence, Thermal time, Water stress, Sowing depth

整齐一致的作物群体的建立对农业生产相当重要,因此研究温度、土壤表层含水对作物生长的第一阶段(播种—出苗)的影响意义重大。

许多同类研究结果表明,萌发速率及最终萌发百分率都随土壤水势降低而降低,而且每种作物种类表现出其独特的水势阈值(Fyfield and Gregory, 1989)^[2],种子萌发的水势阈值在很大程度上决定于温度,在最适温度范围内水势低阈值最低。一些观察表明在特定温度条件下,50%种子萌发的时间Gt₅₀与水势呈线性关系(Lafond and Bake 1986)^[4],作物种类对温度也有特殊的要求,低于最低温度(T_b)或高于最高温度(T_m)时,种子不

• 本文于1994年9月19日收到,1994年12月31日改回。

萌发,最适温度(T_o)时种子萌发最快。出苗同样有其最低、最适和最高温度要求^[1]。本文在玉米种子萌发出苗试验的基础上,分析了不同温度下玉米种子萌发速率及田间沙土条件下土壤温度、水分胁迫与播种深度对玉米种子萌发出苗的影响。

1 材料与方法

1.1 室内萌发试验

在室内用温度梯度型培养器(温度范围 4—40℃)研究温度对玉米种子萌发的影响。在 3—36.5℃ 温度范围内放置了 30 支试管,于 1993 年 6 月 5 日播种,每支试管内播 10 粒种子,介质为珍珠岩。每支试管内约加入 3 毫升蒸馏水以保证无水分胁迫,几天后再加水,特别是温度较高的试管;播种时,种子的胚必须面对管壁以便观察。最初快速萌发阶段每天观测 2 次,尔后每天观测 1 次直至再无种子萌发,每天记录温度。为保持每支试管内的温度基本恒定不变,试验最好在恒温的地方进行。

1.2 田间萌发出苗试验

试验在英国 Reading 大学的 Sonning 农场进行,土壤为砂质土(粗砂 51%,细砂 35%,粘粒 10%,粉粒 4%),土壤容重为 1.55 克每立方厘米,饱和体积含水量为 41.5%。播种深度设 2 厘米、5 厘米和 8 厘米(称为 S2、S5、S8)3 个处理,重复 2 次;每 1 处理设 7 个小区,每 1 小区播 25 粒种子;试验重

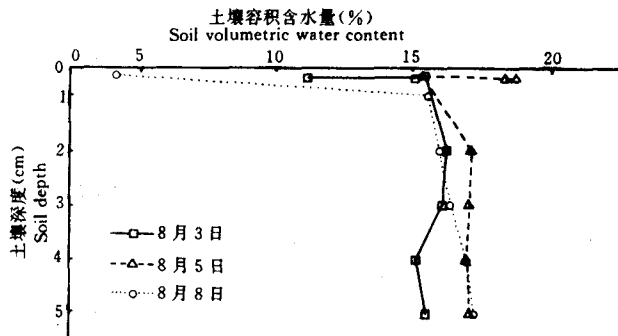


图1 不同播期时的土壤含水量剖面(0—20cm)

Fig 1 Soil water content profiles (0—20cm) on the sowing days

复进行 3 次,播种日期分别为 1993 年 8 月 3 日、5 日和 8 日,这 3 天表层土壤(0—20 厘米)的水分状况之间有很大差异(见图 1)。播种后的第 2 天开始,挖出种子以观测萌发,每次 1 个小区,每天 2 次,统计发芽的种子数至无种子再萌发,此后仍有两个小区用于观察出苗,每天记录出苗株数至完成出苗。每天取土样进行土壤水分测定,重复两次,取土深度为 0—20 厘米和 0—10 厘米每隔 1 厘米、10—20 厘米每隔 2 厘米取样,土壤含水量用烘干称重法测定,参照土壤容量得容积含水量。土壤温度用铜—康铜热电偶温度计进行测定,深度为 2、5、8、12 和 20 厘米,数据利用 CR10 型数值记录器每 5 秒钟进行记录,然后以每半小时的平均值输出。

2 结果与讨论

2.1 室内萌发试验

萌发试验先在室内控制条件下进行,作为田间应用的前提。萌发过程一般用累积萌发百分数随时间变化的曲线来表示。温度对萌发速率有明显的影响,当温度由 31.1℃ 降至 10.3℃ 时,萌发速率也随之降低,但除最低、最高温度处理(10.3℃ 和 35.5℃)以外,最终

的萌发百分数都超过 80%, 并不受温度的影响, 个别不萌发的种子是因为种子活力造成的, 因此, 最终的萌发百分率并不是合适的萌发速率指标。种子在温度 10.3℃ 时最终萌发百分率仅为 20%, 说明玉米种子萌发的最低温度在 10.3℃ 左右; 温度为 35.5℃ 处理的结果表明, 高温可能引起种子缩水或变成褐色, 然后停止生长。在温度 10.3—31.1℃ 范围内, 累积萌发百分率与时间成比例, 通过非线性回归分析, 以指数函数可以成功地拟合萌发过程:

$$G_{pt} = a + br^t \quad (1)$$

式中, G_{pt} 为时间 t 时累积萌发百分率(%), t 为播后的时间(小时); a 、 b 和 r 为常数。从指数方程(1)可估算出 50% 种子萌发时间(Gt_{50})为 $\ln(50-a) - \ln b / \ln r$, 它表示非正态分布数据中类似于正态分布的中值的位置, 其倒数被认为是萌发速率的度量标准。该函数描述的种子萌发过程, 所有百分比方差均达 80% 以上; F 检验达极显著水平($\alpha=0.01$)。

从图 2 中可估测出种子萌发的最低、最适、最高温度, 萌发速率随温度从最低温度增加到最适温度而线性增

加, 温度高于最适温度时, 随温度增加而线性降低, 至最高温度时, 萌发速率降为零。温度从 10.3—31.3℃ 即最适温度以下范围内线性回归方程为:

$$1/Gt_{50} = -1.756 \times 10^{-2} + 1.632 \times 10^{-3}T \quad (R^2=0.93) \quad (2)$$

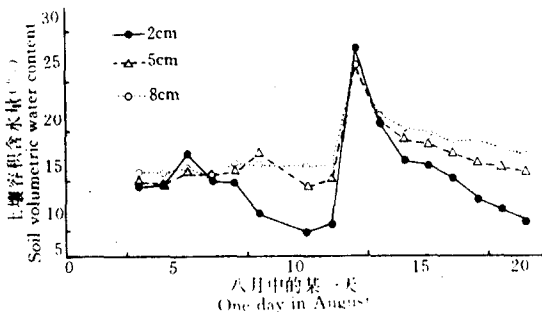


图 3 玉米种子萌发出苗过程中土壤水分状况

Fig 3 Soil moisture statue during the process of maize seed germination and emergence

度再升高萌发速率降低。最适温度以上范围内萌发速率与温度呈负线性关系:

$$1/Gt_{50} = 0.127 - 2.893 \times 10^{-3}T \quad (R^2=0.99) \quad (3)$$

这两条回归线的交点表示最适温度的估计值 31.9℃, 最适温度以上的负线性回归线

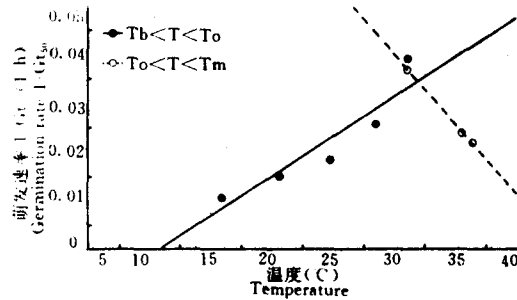


图 2 玉米种子萌发速率与温度的关系

Fig 2 Relationship between maize seed germination rate and temperature

当 $1/Gt_{50}=0$ 时, 可从(2)式估算出萌发最低温度为 10.8℃, 将线性回归线外推与温度坐标轴相交也同样可得最低温度。Fyfield 等^[2]报道土壤水势可影响最低温度值, 随着水势降低最低温度提高, 然而, 对于特定作物种类的最低温度只能由无水胁迫的处理来决定, 该试验中温度作为影响萌发的关键因素, 萌发过程中, 保持试管中的种子处于适宜水分条件下, 无水胁迫出现, 本试验温度在 31.1℃ 时萌发最快, 温

外推至与温度坐标轴相交得最高温度的估计值,约为43.9℃左右,此时,玉米种子不能顺利萌发。这种线性关系表明用有效积温可以说明萌发过程的特殊时期,如在最适温度以内,萌发速率—温度线的斜率的倒数可给出50%种子萌发时累积积温约为25.5℃日。

2.2 田间玉米种子萌发出苗试验

图3表示玉米种子萌发出苗过程中不同播种深度的土壤水分状况。显然表层0—20厘米的土壤湿度易受天气波动的影响,而5厘米、8厘米处的土壤水分比较稳定,2厘米、5厘米、8厘米处的土壤水分的变异系数分别为34.9%、20.3%和17.8%,在整个种子萌发出苗过程中,5厘米和8厘米处的土壤含水量均超过了12%,并无水分胁迫出现,但某些天土壤表层0—2厘米变得很干,土壤含水<10%,低于饱和土壤含水量的1/4,这时种子萌发可能受到影响。

图4表示玉米种子萌发出苗过程,a、b和c分别代表三个不同播期8月3日、5日和8日的试验结果,所有处理的最终萌发百分率均为100%,说明它仅决定于种子的活力,而土壤温湿度将会影响种子萌发速率,在三个不同播期

的试验中,S5和S8的种子萌发过程没有多大差别,其原因可能是5厘米和8厘米处的土壤温湿度相差无几,但S2的种子萌发过程与S5和S8相比存在差异,特别是播期在8月8日的试验,这是因为2厘米处的土壤湿度在8月8—11日很低(低于10%)。由于播种后的最初几天,土壤湿度状况是影响种子最初吸水、膨胀、种子内部重新代谢等最重要的因子,因此,水分亏缺会延迟种子萌发,在干旱地区或表层土壤湿度易随气象条件而变的砂土地,应将种子播种在较正常播深稍深的湿土中。S2最终出苗率也超过了80%,不同处理间或不同播期的试验间无明显的差异,这是土壤强度、土壤温度、土壤湿度和播种深度综合作用的结果。在三个不同播期的试验中,当播深由5厘米变至8厘米,50%出苗的时间和80%出苗的时间分别延迟1/2天和1天,说明播深会影响出苗的速率,S2的出苗情况与S5、S8有很大差异,在播期8月3日和8日两种情况下,S2达到50%、80%出苗的时间短于S5、S8,原因在于播种的深度和土壤温度,2厘米处温度略高于5厘米或8厘米处,但在播期8月5日的情况下(见图4),S2出苗延迟,由于出苗的最初几天2厘米土壤水分缺

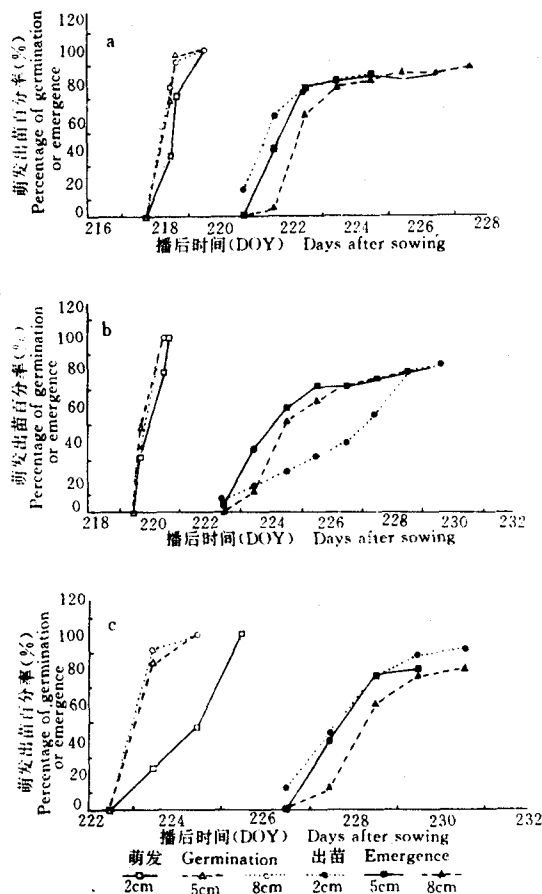


图4 田间条件下玉米种子萌发出苗过程

Fig 4 Time course of maize germination and emergence

表1 种子萌发过程土壤温度变化

Tab. 1 Temperature variation during seed germination

播 期 Sowing date	8月3日 3 August		8月5日 5 August		8月8日 8 August	
播 深 Sowing depth	5cm	8cm	5cm	8cm	5cm	8cm
S	3.10	2.61	4.53	3.87	2.61	2.21
CV(%)	17.42	14.70	24.00	20.67	13.65	11.57

乏,而且出苗期内两天2厘米处的土壤温度也低于10℃,而玉米出苗的最低温度可能要高于萌发最低温度(10.8℃)。

在播深2厘米极端高的积温情况(标以*号)下种子萌发因土壤水分亏缺而严重延迟。田间条件下达到50%种子萌发所需的积温为18.6—24.3℃日,低于室内试验(25.5℃日),因此,恒温条件下的萌发研究结果不能反映田间种子萌发的实际情况。在田间,种子埋深处土壤温度在白天会有剧烈地波动,可能对种子萌发具有正效应,因而减少种子萌发所需的积温,在同一播期的试验中,50%和100%种子萌发所需的时间和积温S5和S8间几乎没有差别,但它们在播期间存在差异,整个种子萌发试验过程中,温度的变化见表1。播期在8月5日时,5厘米和8厘米处温度变化的标准差和变异系数大于其它两种情况,很明显,温度波动可以加速种子萌发,达到50%和80%出苗率所需的积温S5与S8间存在差异,因为播深影响出苗速率,当播深由5厘米深入到8厘米,达到50%出苗所需的时间会延迟1/2天,相当于多需积温3—5℃日,达到80%出苗所需的时间会延迟1天,相当于多需积温7—10℃日。在土壤水分状况良好情况下,达到50%萌发、100%萌发、50%出苗和80%出苗所需累积积温范围分别为18.6—23.8℃、26.6—34.2℃、58.8—67.3℃和75.7—95.5℃,对应的时间分别为2—3日、3—4日、5.5—7.5日和8—11日。这些结果表明尽管土壤温度及温差、土壤湿度、播深都影响玉米种子萌发和出苗,但土壤温度还是最重要的控制因素,播深只影响出苗的时间,所以,顺利的种子萌发、出苗需要较高的温度及温差、充足的土壤水分和适宜的播种深度。

参 考 文 献

- 1 Feddes, R. A., 1972. Effects of water and heat on seedling emergence. J. of Hydrology, 16: 341—359
- 2 Fyfield, T. P. and Gregory P. J., 1989. Effects of temperature and water potential on germination, radicle elongation and emergence of mungbean. Journal of Experimental Botany, 40: 677—674
- 3 Garcia—Huidobro, J., Monteith, J. L., and Squire, G. R., 1982. Time, temperature and germination of pearl millet I. constant temperature. J. of Experimental Botany, 33: 288—296, 297—302
- 4 Laford, G. P. and Baker, R. J., 1986. Effects of temperature, moisture stress, and seed size on germination of pearl millet I. alternating temperature. J. of Experimental Botany, 33: 297—302