

# 淹水对大豆生长的影响<sup>\*</sup>

倪君蒂 李振国<sup>\*\*</sup>

(中国科学院上海植物生理研究所, 上海 200032)

**摘要:** 研究了两种不同的淹水方式—苗全被淹没(全淹)和基部淹没(半淹)对大豆苗生长的影响,在全淹下,苗完全停止生长,直至死亡。但是,只要露出顶芽在空气中,苗就不被淹死。大豆苗的耐涝性随苗龄增大而提高。半淹处理明显抑制苗根的生长和降低苗的根冠比,却大大刺激不定根的生长。试验结果还显示,大豆能在长时期半淹条件下生长发育,但其营养器官和结实器官的发育均显著差于对照。淹水对根瘤的生长有抑制作用。

**关键词** 大豆;淹水;生长发育

干旱、盐渍和极端温度等不良环境对植物的影响已引起研究者的广泛注意,相比较而言,涝渍对作物的影响则是国内抗性领域研究中较薄弱环节。实际上,在某些地区或季节由于河水泛滥、暴雨、灌溉不当、排水不良等原因引起的涝害对农作物的危害不可抵估,有时甚至是毁灭性的<sup>[1]</sup>。因而深入研究涝渍对作物的影响具有重要的理论和实践意义。大豆是一种重要的油料作物,在我国从南到北广为栽培,在东南部地区的大豆生育期间正处于多雨季节,易遭受洪涝灾害。但涝渍对大豆生长发育的影响国内少见报道。本文观察了两种不同的淹水方式对大豆幼苗生长的影响及整个生育期基部淹水对结实器官性状的影响,旨在为生产实践提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

供试品种为抗涝性较强的春大豆白芒节(*Glycine max* L.),由上海市金山县农科所提供。种子经次氯酸钠消毒、吸胀后播种。

### 1.2 方法

为便于对根的观察与取样测定及结合栽培实践,试验分砂培和盆栽土培两部分。

1.2.1 砂培 试验在植生所人工气候室内进行,温度为 25℃(昼)/20℃(夜),相对湿度为 80%,光强为 12000 LX,种子播于经灭菌的石英砂中,7 天龄苗开始淹水处理,后者又分

\* 国家自然科学基金资助项目

\*\* 联系人

收稿日期 1999-06-21 Received on June 21, 1999

为两组: A,整株淹没(全淹):把长有豆苗的木框放入已加好水的大塑料桶中,水面比苗顶端高 3— 4cm 左右; B,基部淹水(半淹):水淹至苗的子叶节。于淹水处理不同天数取样测定,每处理每次取 25 株苗。剪下长在砂里的初生根上的侧根系测定其鲜、干重,弃去粗的主根系。不定根指从淹水的基部长出、长在水层或石英砂表层中的根

1. 2. 1. 1 苗存活率测定 将不同苗龄的幼苗全淹 4 天后从水中取出,放在正常条件下 4 天后统计苗的存活率

1. 2. 1. 2 暴露顶芽处理 7 天龄苗开始淹水,水淹至露出顶芽 1— 2cm 左右,此后随着顶芽的不断伸长,每天在固定时间加一次水,始终维持 1— 2cm 顶芽暴露在空气中。

1. 2. 2 土培 试验在自然条件下进行。种子直接播于塑料盆,待苗第一对初生叶长足后开始半淹处理,水淹至子叶节附近,以后随着苗的长大,水淹深度也有所上升,以保持水面高出盆土表面约 3— 4cm 为度。于淹水不同天数后取样进行生长和根瘤测定。另播 40 盆苗,对照和处理各半,处理按上法进行半淹处理,从第一对初生叶完全展开后开始淹水,在整个生育期,大豆植株的基部一直淹没在水层中,直至老熟,取样考种。

## 2 试验结果

### 2. 1 全淹对苗生长的影响

全淹处理的大豆苗生长情况见图 1 在淹水 5 天中,苗的株高和根重与淹水前几乎没有差别,即在全淹下,苗的地上部和根完全停止生长,全淹时间长,苗就发生烂死,烂死最先发生于顶芽。不同苗龄大豆幼苗对淹水的反应如图 2 所示,由图可见,经全淹 6 天后,6 天龄苗存活率为 0, 7 8 10 天龄苗的存活率分别为 10%、43% 和 80% 左右。表明在全淹下,苗的存活率与苗龄大小密切相关,即淹水时苗龄小,抗涝性弱,易被淹死,苗大,抗涝性强,排涝后生存率高 类似现象亦见之小麦苗<sup>[1]</sup>。但是,只要幼苗的顶芽不被淹没,植株就能不断向上伸长而不被淹死(图 3)。

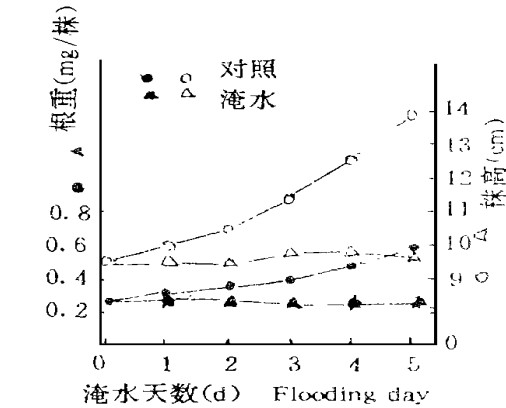


图 1 全株淹没对大豆苗生长的影响  
Fig. 1 Growth of soybean seedlings under whole plant flooded conditions

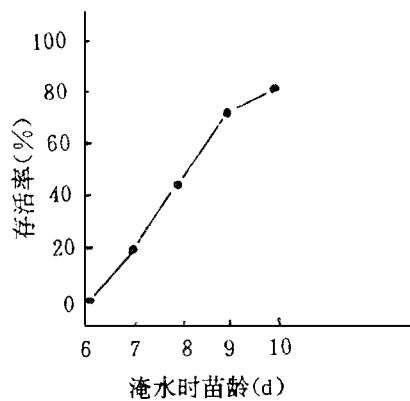


图 2 在全株淹没 4 天下不同苗龄的大豆幼苗的存活率  
Fig. 2 Survivability of soybean seedlings of different ages under whole plant flooding for 4 days

## 2.2 半淹对大豆苗生长及结实器官的影响

2.2.1 砂培半淹对大豆苗生长的影响 砂培半淹大豆苗的生长如图 4和图 5所示,与全淹下苗完全停止生长的情况不同,半淹对大豆苗的株高和鲜、干重均无明显影响(图 4),表明砂培短时间半淹对地上部生长的影响不大。与地上部的反应不同,在淹水 6天里,长在砂里的根长和根重增加很少,较淹水前仅增加了 23.6%和 32%,而对照苗在 6天里,根长和根重的增加分别为原来的 2.5和 2.9倍(图 5) 但图 5清楚地显示,在半淹下,处于水层中的茎基部会长出大量不定根,且生长迅速,几乎直线上升,淹水第 2天不定根长为 2.4cm,到第 6天就长至 7.7cm,4天增加 3倍多。表明半淹严重抑制初生根的生长,却大大刺激了不定根生长

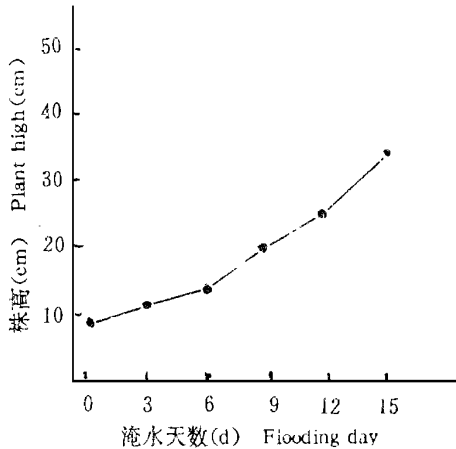


图 3 露出顶芽对大豆幼苗生长的影响

Fig. 3 Effect of exposure of terminal buds to air on the growth of soybean seedlings

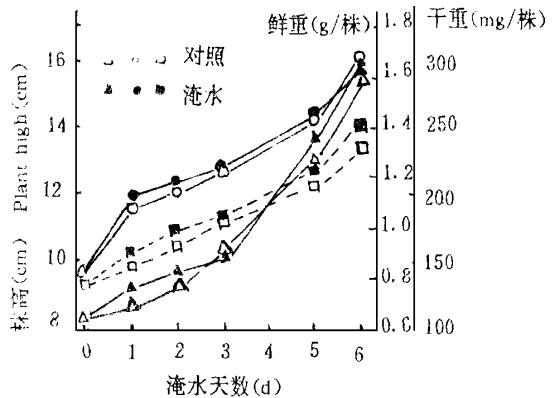


图 4 砂培基部淹水对大豆苗地上部生长的影响

Fig. 4 Effect of basal flooding on the growth of shoots of soybean seedlings the sand culture conditions

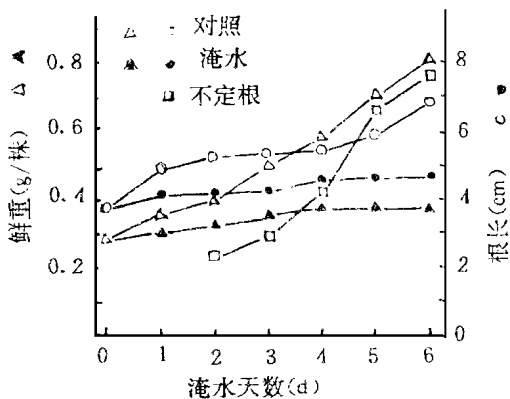


图 5 砂培基部淹水对大豆苗根生长的影响

Fig. 5 Effect of basal flooding on the growth of roots of soybean seedlings in the sand culture conditions

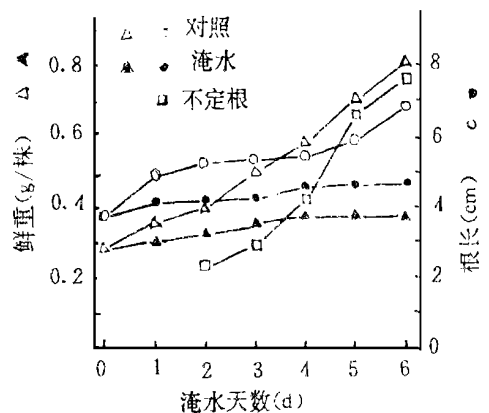


图 6 砂培基部淹水对大豆苗根冠比的影响

Fig. 6 Effect of basal flooding on the root-shoot ratio of soybean seedlings under the sand culture conditions

根冠比反映植物的生长状况及环境条件对植物地上部与地下部生长的不同影响 由

图 6可见,淹水 2天,苗的根冠比就开始下降,以后随淹水时间的增加而不断降低,至淹水第 6天,由淹水前的 0.35降至 0.23,与其相反,对照苗的根冠比随植株生长而不断上升,在 6天里,从 0.35升至 0.63,比淹水高 2.7倍,表明淹水引起大豆苗根冠比显著下降

2.2.2 土培半淹对大豆苗生长的影响 如图 7所示,淹水 5天对株高无影响,10天比对照低,随淹水时间的延长,与对照差别也越大。淹水对鲜、干重的影响也是第 10天才显示出来,以后淹水与对照的差异越来越大,淹水 30天,处理植株的鲜、干重分别降至对照的 58%和 50%,较株高差异大,表明在盆栽土培条件下,淹水时间长对大豆植株地上部的生长有明显的抑制作用。

土培半淹对根生长的影响在淹水第 5天就表现出来(图 8),干重尤为明显,第 5天淹水苗的根干重降至对照的 50%,而对照根从第 10天开始,鲜、干重增长迅速,几乎直线上升,从第 10天至第 30天,对照单株的鲜、干重分别增加 3.5和 8倍,而淹水处理仅分别增加 1.7和 2.3倍,均远低于对照。土培半淹大豆的淹水基部象砂培一样也会出现大量不定根。其鲜、干重从第 15天起就直线上升,其斜率与对照根很相似(图 8)。

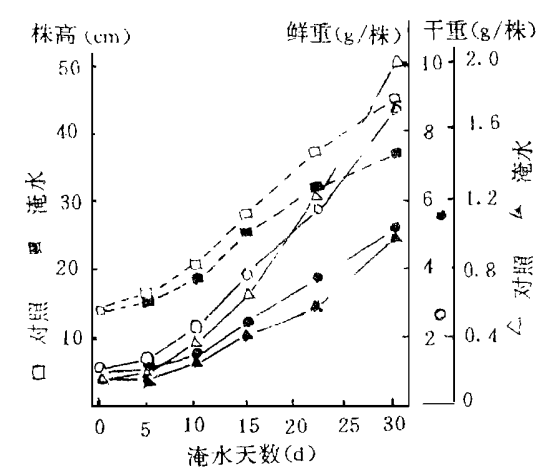


图 7 土培基部淹水对大豆苗地上部生长的影响

Fig. 7 Effect of basal flooding on the growth of shoots of soybean seedlings under the soil culture conditions

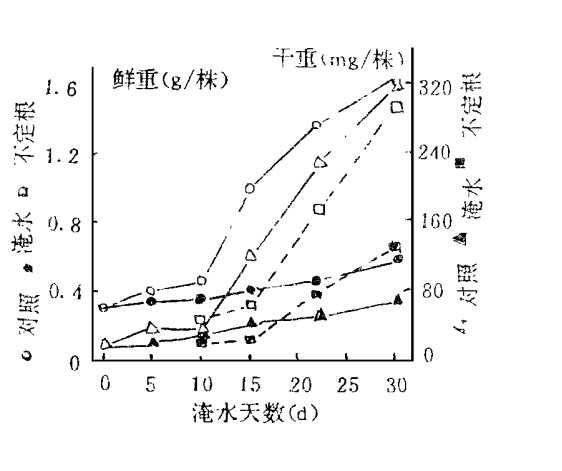


图 8 土培基部淹水对大豆苗根生长的影响

Fig. 8 Effect of basal flooding on the growth of roots of soybean seedlings under the soil culture conditions

图 9是土培半淹大豆根照片,它清楚地显示长在土壤中的根系已变黑烂死,而长在水层及土表中的不定根却十分发达,可以想象它对大豆植株适应淹水环境起着十分重要的作用。

2.2.3 整个生育期基部淹水对大豆生长及结实器官的影响 整个生育期都生长在维持在一定水层土壤的大豆非但未被淹死,而且都能开花结实。从表 1可见,淹水植株的株高和茎重分别比对照降低 20%和 32.8%,单株结荚数和粒重分别下降 54.9%和 50.8%,受影响较营养器官重,百粒重降低了 21.6%,明显低于结荚数和粒重的下降。这些资料显示,基部长长期淹水的大豆虽能开花结实,但对其营养器官和结实器官的生长均有明显的负面影响。

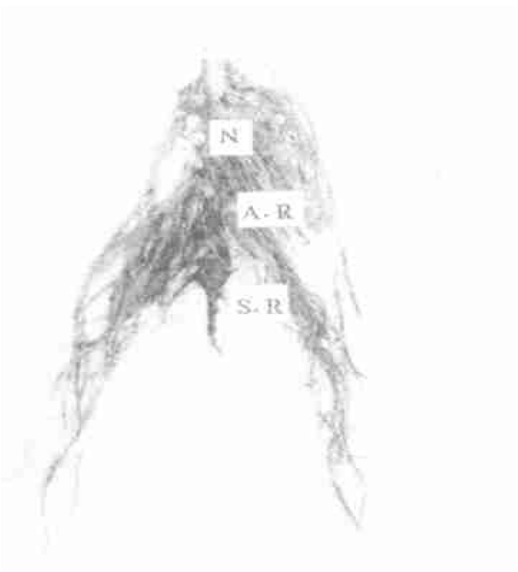


图 9 土培基部淹水大豆植株的不定根和根瘤

Fig. 9 Adventitious root and nodule of basal flooded soybean plants under the soil culture conditions

A. R 不定根 Adventitious root

S. R 初生根 Primary root

N 根瘤 Nodule

表 1 土培基部淹水对大豆生长和产量构成因素的影响

Table 1 Effect of basal flooding on the growth and yield factors of soybean plants under the soil culture conditions

处理 Treatment	株高 Plant height (cm)	单株秆重 Stalk Wt. per plant (g)	单株结荚数 Pods per plant	单株粒重 Seed Wt. per plant (g)	百粒重 100 seeds Wt. (g)
对照	106. 1± 12. 3	0	26. 6± 8. 4	4. 41	14. 58
淹水	84. 8± 13. 9 - 20. 1%	6. 1 - 32. 8%	12. 0± 5. 7 - 54. 9%	2. 17 - 50. 8%	11. 43 - 21. 6%

2. 3 淹水对大豆根瘤生长的影响

长在旱地的豆科植物的根系能与根瘤菌共生结瘤 在土壤淹水条件下,大豆根能否长根瘤? 图 10显示,淹水植株根至处理 15天才观察到根瘤,而对照根在第 10天即已观察到,较对照晚 5天 此后,淹水根的根瘤数也象对照一样迅速上升,至第 28天,两者较为接

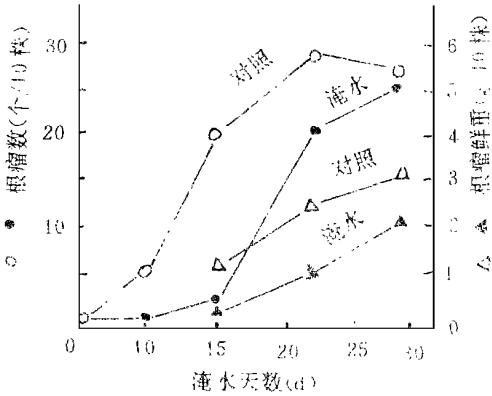


图 10 土培基部淹水对大豆根瘤生长的影响

Fig. 10 Effect of basal flooding on the growth of root nodule of soybean seedlings under the soil culture conditions

近. 根瘤重量的增加也显示相同趋势,对照始终明显高于淹水. 值得指出的是长在水层中

的不定根也照样能结瘤,表明大豆根在淹水下能结根瘤,但淹水对根瘤生长也有一定的抑制作用。

### 3 讨论

与半淹不同,在全淹下,生长完全停止(图 1),全淹时间稍长,植株就被淹死,值得注意的是,只要植株的顶端不被淹没,植株就能经受淹水胁迫而不死,能继续不断向上伸长(图 3),此现象具有实践意义,即在农业生产上,遇到洪涝灾害时,采取有效措施,及时排涝,尽快使淹没植株的顶端露出水面对于作物避免被淹死至关重要。大豆苗的耐涝能力不仅与苗龄大小有关(图 2),而且也与缺氧时间长短有关,Turner等<sup>[14]</sup>观察到完全处在 $N_2$ 环境下的大豆苗的根伸长受抑制,从缺氧环境转至正常环境时根伸长的恢复与缺氧时间长短呈负相关性。故尽快排涝在生产实践上也是十分重要的。

土壤渍水对植物的危害是渍水造成的缺氧环境使植物根系和地上部的有氧呼吸受到抑制,任何一种只要有利于氧向根或还原性的根际土壤供应的反应都将有利于植物在淹水条件下存活<sup>[2]</sup>,大豆是一种旱地作物,根的通气组织不发达<sup>[3]</sup>,在半淹下,因缺氧根的生长受抑制(图 5 8),严重时会发生黑变烂死,导致根冠比显著下降(图 6),但它的茎叶具有由次生形成层产生的良好的通气组织,随空气进入茎叶中的氧就可以沿着通气管道顺利运输到根部,增加根系的耐缺氧能力<sup>[1 2 3]</sup>。大豆苗通气试验结果也表明,当幼苗地上部处于空气中,氧可以通过茎向下扩散,向缺氧根提供氧<sup>[14]</sup>,这就解释了大豆植株只要露出顶端在空气中就不会淹死的原因。

土壤涝渍改变了植物的生长环境,其中最主的变化是涝渍引起根部缺氧,而根生长一般随土壤中氧含量降低而下降<sup>[4 6 8 9 12]</sup>。因此,根系是受涝渍逆境直接伤害的器官,而地上部的反应及其伤害症状是由于根系缺氧伤害而引起的次级伤害<sup>[3]</sup>,本文试验结果也表明,不论是砂培还是土培,半淹下大豆苗的根生长的抑制和伤害远大于地上部,导致植株根冠比明显下降(图 4- 8),淹水 6 天苗的根冠比仅为对照的 36%(图 6),如此明显降低的根冠比将不可避免地影响地上部的生长发育,最终导致地上部的营养生长和结实器官生长发育均明显下降(表 1)。类似结果也见于其它植物<sup>[4 13 15]</sup>,Tang 等<sup>[13]</sup>报道,淹水对大豆的影响是根生长受抑制最甚,茎次之,叶最轻。

与淹水明显抑制长在砂或土壤中的初生根的生长的现象相反,半淹却能刺激大豆不定根的生长(图 5 8),不定根的形成和迅速生长对于适应淹水条件是很重要的,它可替代在淹水期间已死亡的根<sup>[5 7]</sup>,并有较高的吸收率<sup>[1 10]</sup>。我们观察到大豆苗的不定根具有较高的呼吸速率和细胞色素氧化酶活性及较高的 ACC 含量和乙烯产生速率(待发表资料),且能结瘤(图 9)。这些资料可解释整个生育期处于半淹下的大豆何以非但不被淹死,而且能开花结实。显然,作为旱地作物的大豆有如此强的耐涝性与它在淹水下具有发达的不定根密切相关。

## 参 考 文 献

- 1 汤章城,植物生理与分子生物学,科学出版社,北京,1998,PP 747
- 2 汤章城,植物生物学通讯,1983,3 24- 29
- 3 刘祖祺,张石城,作物抗性生理学,农业出版社,北京,1990,PP162- 163
- 4 Burdick, D. M., American J. Bot. 1989, 76 777- 780
- 5 Drew, M. C., M. B. Jackson, S. Giffardas et al., Planta, 1981, 153 217
- 6 Hopkins, R. M. and W. H. Patrick, Soil Sci., 1969, 108 408- 413
- 7 Jackson, M. B. and D. J. Campbell, New Phytol. 1976, 76 21- 29
- 8 Letey, J., O. R. Lunt, L. H. Stolzy et al., Soil Sci. Soc. Am. Proc. 1961, 25 183- 186
- 9 Pezeshki, S. R. and R. D. Delaune, Acta Oecologia. 1990, 11: 377- 383
- 10 Sena Gomes, A. R. and T. T. Kozlowski, Physiol. Plant. 1980, 66 267
- 11 Sojka, R. E., H. A. Joseph and L. H. Stolzy. Agron. J. 1972, 64 450- 452
- 12 Stolzy, L. H., J. Letey, T. E. Szuszkiewicz et al., Soil Sci. Soc. Am. Proc. 1961, 25 463- 467
- 13 Tang, Z. C. and T. T. Kozlowski, Can. J. For. Res. 1982, 12 186- 202
- 14 Turner, F. T., J. W. Si J. G. W. Mecauley et al., Crop Science, 1983, 23 44
- 15 Wignarajan, K. and C. D. John, New Phytol., 1976, 77 585- 592

## EFFECT OF FLOODING ON GROWTH OF SOYBEAN SEEDLINGS

Ni Jundi Li Zhenguo

(*Shanghai Institute of Plant Physiology, The Chinese  
Academy of Science, Shanghai 200032*)

**Abstract** Growth responses of soybean seedlings to whole plant flooding and stem basal flooding were studied. The growth of soybean seedlings entirely ceased under whole plant flooding conditions. However, the seedlings could continue to grow and were not drowned as long as terminal buds of soybean seedling exposed to the air. Survivability of seedlings under whole plant flooding conditions increased with aging of seedlings. Treatment of soybean seedlings with basal flooding severely inhibited primary root growth of seedlings, decreased the root-shoot ratio and greatly stimulated the growth of adventitious roots. The experimental results shown that soybean plants could grow and develop under basal flooding condition throughout their life, but development of their vegetative and reproductive organ remarkably reduced as compared to control plants. The nodule growth of soybean plant roots was inhibited by flooding.

**Key words** Soybean; Flooding; Growth and development