

# 不同水分条件对东北风沙土花生生长发育及水分利用率的影响

杨志孟, 邹洪涛, 周子铨, 蔡倩, 虞娜, 迟道才, 张玉龙

(沈阳农业大学 土地与环境学院 农业部东北耕地保育重点实验室 土壤肥料资源高效利用国家工程实验室, 沈阳 110866)

**摘要:** 研究不同水分条件对东北风沙土花生各生长期植株形态、生理指标、产量及水分利用率的影响。采用盆栽的方式对花生各生长期的土壤水分进行调控, 对上述指标进行测定。结果表明, 风沙土栽培花生苗期适当干旱对花生生长发育没有显著影响; 花针期对水分要求明显增高, 土壤含水量为田间持水量的 60% 为宜; 结荚期必须提供充足的水分, 否则严重影响荚果生长, 导致减产。在各组处理中全生育期土壤含水量下限控制在田间持水量 60% 时, 水分利用率最高, 达到 1.53 g/kg, 产量 92.9 g/盆也达到了较高的水平, 该指标可用来指导东北风沙土花生补水灌溉。

**关键词:** 花生; 灌水量; 风沙土; 水分利用率

中图分类号: S274; S565.2

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2015)04-0052-04

## Effect of Different Irrigation Water on Peanut Growth and Water Use Efficiency in the Aeolian Sandy Soil of the Northeast

YANG Zhimeng, ZOU Hongtao, ZHOU Zixuan, CAI Qian, YU Na, CHI Daocai, ZHANG Yulong

(Soil And Environment College, Key Laboratory of the Ministry of Agriculture in the Northeast on Cultivated Land Conservation, National Engineering Laboratory for Efficient

Utilization of Soil and Fertilizer Resources, Shenyang Agriculture University, Shenyang 110866, China)

**Abstract:** We examined the effect of different irrigation water on peanut plant morphology, physiological index, yield and water use efficiency in the all growth period in the aeolian sandy soil of the northeast. The peanut was planted in pot, the irrigation was controlled in all growth period, and the above indicators were measured. The result showed that appropriate drought had little influence on growth of peanut at seeding stage; the demand of water increased obviously at the flowering stage, appropriate soil water content is 60% of field capacity; there must be enough water in the pod stage, or the pod wouldn't grow well, leading to yield reduction. When soil water content is 60% of field capacity during the whole growth period in all the treatments, the water use efficiency is the highest, which was 1.53 g/kg, and the yield was 92.9 g/pot, and was higher than almost of the others. The index can be the guidance of peanut irrigation scheme in the aeolian sandy soil of the northeast.

**Keywords:** peanut; irrigation water; aeolian sandy soil; water use efficiency.

花生抗干旱、适宜在沙土上种植, 在我国是重要的油料作物<sup>[1]</sup>。而水分对花生的生长发育及产量影响比较大, 缺水 and 水分充足下的产量能够相差一倍以上<sup>[2-4]</sup>。相关研究表明, 花生需水规律为中间多、两头少, 且土壤水分应该保持在田间持水量的 50%~80% 比较适宜, 否则花生无法正常生长<sup>[5]</sup>。苗期适当

控制水分有利于花芽分化、形成壮苗和荚果发育, 严重缺水则会影响花生生长发育, 降低产量和品质。花生苗期进行适当干旱处理后适当补充水分, 植株的生理活动可迅速恢复到正常水平, 不影响产量, 却可以减少耗水量, 能够提高花生水分利用率<sup>[6]</sup>。花生苗期干旱程度不同对根系生长的影响不同。轻度干旱能

收稿日期: 2014-06-03

修回日期: 2014-09-10

资助项目: 农业部公益性行业专项项目 (201303125); 国家科技支撑计划子课题 (2012BAD05B01, 2011BAD09B02); 国家 973 项目子课题 (2011CB100502); 辽宁省科技农业攻关重大项目 (2011213001)

第一作者: 杨志孟 (1989—), 男, 山东省招远市人, 在读硕士研究生, 从事土壤改良与农业节水研究。E-mail: yz\_m@163.com

通信作者: 邹洪涛 (1975—), 男, 辽宁营口人, 博士, 教授, 从事旱作农业与农业节水研究。E-mail: zouhongtao2001@163.com

够刺激花生根系下扎,促进根系生长,有利于提高花生后期对干旱的抵抗力;而重度干旱,会使根系的生长受到抑制<sup>[7]</sup>。花针期对水分较为敏感,此期受到水分胁迫,复水后尽管根冠生长均有恢复,但很难达到正常生长状况。不宜用水分胁迫的方式提高水分利用率,否则造成的后果日后难以弥补<sup>[8]</sup>。结荚期是对水分要求比较高的时期,此时期若缺水会使花生的花期延长,下针结果期推迟 12 d 左右,荚果的发育速率减缓,对产量影响很大。饱果期是以上枝生长为主的时期,对水分的消耗减少。此期土壤水分以保持田间水量的 50%~60%为宜。土壤水分若低于最大田间持水量的 40%,则严重影响荚果的饱和度,导致减产。不同气候和土壤水分条件下对花生生长发育影响较大,但系统研究水分条件对花生不同生育期生长发育的影响研究较少,本研究以风沙土为供试土壤,通过对不同生育期水分进行精确调控,探讨不同水分条件对花生各生育期生长发育、产量及水分利用率的影响,以期得到最优的水分配比组合,为花生节水灌溉制度建立提供理论依据。

1 材料与方法

试验于沈阳农业大学科学试验基地遮雨棚内进行;供试土壤为风沙土,采自辽宁省章古台风沙研究所,有机质 1.31%,全 N 1.95 g/kg,全 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 0.2 g/kg,全 K<sub>2</sub>O 12.96 g/kg,pH 值为 6.35,风干土田间持水量 15%,容重为 1.35 g/cm<sup>3</sup>;供试花生品种为白沙 1061;采用盆栽方式进行,盆高 40 cm,上下径分别为 28 cm,25 cm,每盆置入风干风沙土 15 kg,每盆内种植花生 2 株。

1.1 试验设计

花生整个生育期分为苗期、花针期、结荚期和饱果期四个生育阶段。采用 FDR 土壤水分速测仪指示土壤含水量指导灌水量。根据研究资料<sup>[9-10]</sup>,将花生需水关键期的结荚期设计了田间持水量的 55%和 70%两个水分控制下限,非需水关键期的苗期、花针期和饱果期设计了田间持水量的 50%和 65%两个水分控制下限;另设全生育期各阶段供水不足(田间持水量 50%)、供水中等(田间持水量 60%)和供水充足(田间持水量 70%)处理各 1 个,共 7 个处理,每个处理重复 4 次。具体试验设计如表 1 所示。

1.2 测定指标与方法

采用 FDR 测定土壤含水量,当达到土壤水分下限时补充水分,将土壤含水量保持在设计水分含量±5%的水平上,记录补充水量。计算每个生长期消耗的总水量。在每一个生长期测定花生株高、叶面

积,分枝数;结荚期和饱果期测定叶片相对含水量;结荚期每组处理中选取一盆测定其根系活力;收获后测定花生根冠比,荚果数、百粒种、产量,计算水分利用效率。叶片相对含水量采用干重法,使用万分之一天平测定;根系活力采用 TTC 法。土壤基本理化性质测定采用常规方法。

表 1 花生不同生育时期土壤含水量试验设计 %

试验编号	苗期	花针期	结荚期	饱果期
处理 1	50	50	55	50
处理 2	50	50	70	50
处理 3	65	65	55	65
处理 4	65	65	70	65
处理 5	50	50	50	50
处理 6	60	60	60	60
处理 7	70	70	70	70

2 结果与分析

2.1 不同水分处理对花生植株生长状况的影响

2.1.1 不同水分处理对株高的影响 图 1 为各试验处理不同生育期花生植株高度的变化规律。从图中可以看出,植株高度随灌水量的增加有明显的递增趋势。苗期到花针期植株高度与土壤含水量大小呈正相关关系。结荚期处理 3 由于土壤含水量下降,导致植株生长速度减缓;处理 1,5 土壤含水量没有太大变化,而结荚期是花生生长最旺盛的时期,所以这两组处理缺水愈加严重,植株生长速度均有下降趋势。剩余各处理植株生长速度均有不同程度的增长。由处理 1,2 的对比表明,在结荚期补充充足的水分可以有效的减轻前期由于缺水而引起的植株矮小的现象。

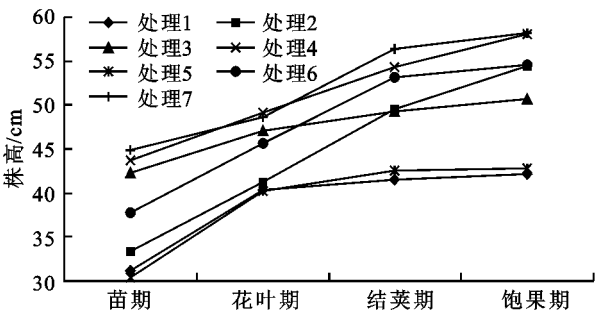


图 1 不同处理植株高度变化

2.1.2 不同水分处理对叶片面积的影响 图 2 为花针期与结荚期各处理间叶面积的对比。用游标卡尺测量植株顶端新叶子的长度 A 和宽度 B,采用椭圆面积公式计算叶片面积公式为  $s = \frac{\pi}{4} AB$ 。从整体上看,土壤含水量越高,叶片面积越大。无论花针期还是结荚期都遵循这一规律。花针期时,处理 1,2,5 基本处于同一水平,而处理 3,4,6 处于同一水平,较前

者略高,处理 7 最高。进入结荚期后,各处理除了 5, 6 以外,叶面积都有不同程度的增长,由于花生结荚期的需水量更大,因此处理 1 水分有少量增加,叶面积变化不大,而本来就干旱的处理 5 土壤含水量不变,干旱程度更加严重,作物叶片泛黄,发育不良。处理 3 土壤含水量降至田间持水量的 55%,并未影响叶片生长,由此可见,结荚期时含水量最低不得低于田间持水量的 55%。处理 3,6 基本不变,处理 2,4,7 有明显的增长,对比可知田间持水量 60%并不能满足结荚期花生生长的需要。而处理叶面积增长最快的为处理 2,进入结荚期后,该处理的土壤含水量由缺水的田间持水量 50%变成了饱水的田间持水量 70%,大大改善了植株的生长状况。且叶片面积达到了与水分充足的处理 7 相当的水平。

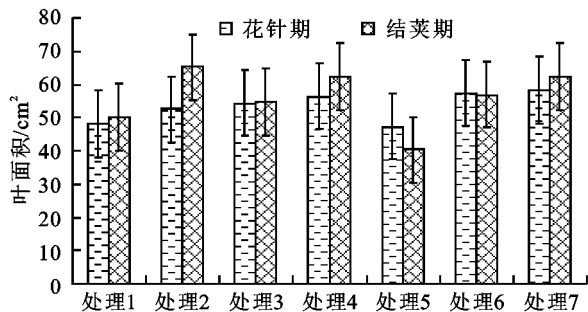


图 2 花针期与结荚期花生叶片面积

2.1.3 不同水分处理对植株分枝数的影响 收获前测定各处理中每棵植株的分枝数,然后求均值。所得的结果如图 3 所示。处理 4,6,7 分枝最多,1,5 最少。植株的分枝数受由苗期至花针期的水分供应情况影响较大,后期植株纵向生长比较旺盛,较少出现再分枝的现象。因此苗期结束至花针期这段时间内不宜控水,应当供给比较充足的水分。花生分枝数增多,有利于植株发育健壮,能够增加营养物质的积累。

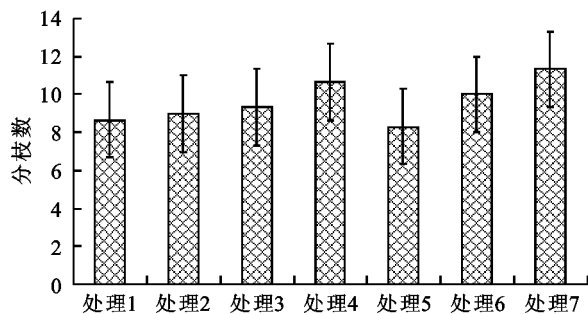


图 3 各处理花生分枝数

2.1.4 不同水分处理对叶片相对含水量的影响 图 4 为花针期和结荚期所测得的叶片相对含水量的对比。分别取每株植株叶片 10 枚,称重  $W_f$ ,置于盛有蒸馏水的培养皿中静置 8 h 后称重  $W_t$ ,然后 105℃ 条件下烘干至恒重  $W_d$ ,即可得到叶片的相对含水量。

计算公式为:

$$W = (W_f - W_d) \times (W_t - W_d) \times 100\%$$

式中:  $W$ ——叶片相对含水量(%);  $W_f$ ——叶片鲜重(g);  $W_d$ ——叶片干重(g);  $W_t$ ——叶片饱水重(g)。

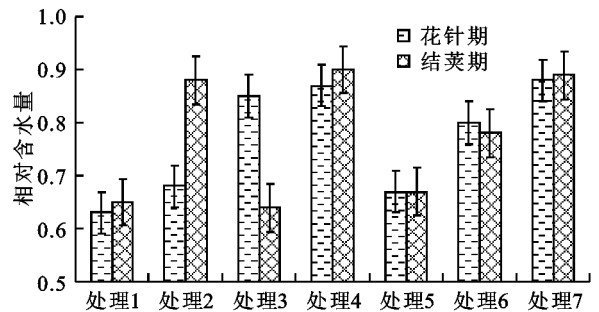


图 4 花针期和结荚期叶片相对含水量

从图 4 中可以看出,叶片的相对含水量是由土壤含水量呈明显相关关系。土壤水分增加,叶片相对含水量也随之增加。叶片的相对含水量反应了植物当时体内的含水量情况,其值越高,植物生理活动越旺盛,有利于植株和果实的发育。含水量是植物水分的重要指标,植物组织含水量不仅能够直接影响植物的生长、气孔状况,光合功能及作物产量,而且还对果蔬品质及种子粮食的安全贮存具有重要意义。

## 2.2 不同水分处理与根系生长状况的关系

试验于结荚期取每组处理植株根系,测定其根系活力,结果如表 2 所示。处理 1,3,5 三组由于土壤含水量较低,其根系活性受到比较严重的影响,尤其以 5 号处理最为严重,该组由于长期缺乏水分导致植株矮小,根系发育不良,生理活动微弱,仅能提供植株正常生长的基本需要。处理 4,6,7 三组水分充足,长势良好,生理活动比较旺盛。前人研究表明苗期控水后复水有利于根系生长<sup>[6]</sup>,此现象在处理 2 上得到了体现:处理 2 前期缺水,而到结荚期时有所改善,从图 1 可以看出,进入结荚期后该组处理植株发育明显加快。而表 2 表明,其根系生长状况也较其他处理快。然而由于该处理作物缺水阶段超过了控水上限,因此其根系并未超过水分充足的其它各处理。就总体而言,根系重量与灌水量呈正相关关系。

表 2 植物根系生长状况指标

测定指标	根干重/g	根系活力/(g·h <sup>-1</sup> )	根冠比
处理 1	3.26d	27.23	0.072a
处理 2	4.76b	77.93	0.054b
处理 3	4.45bc	33.80	0.045c
处理 4	4.81b	114.55	0.057b
处理 5	2.98d	42.25	0.051bc
处理 6	4.25c	64.79	0.065a
处理 7	5.45a	117.37	0.055b

注:小写字母代表  $p < 0.05$  差异,下同。

2.3 不同水分处理与产量和水分利用率的关系

花生的经济产量最少的为处理 5,产量仅为 55.6 g/盆;其次为处理 1,3,产量也较其他处理明显减少,值得注意的是处理 3,除结荚期外,该处理的土壤含水量一直保持在 65%以上,水分充足,仅结荚期降至 55%,其地上部分生长状况良好,与处理 4 差别不大,但是其产量仅为 70.1 g/盆,较 4 相差了近三分之一,由此我们可以看出结荚期是果实发育的关键时期,必须提供充足的水分供应;处理 4,6,7 产量最大,均达到了 90 g/盆。一般为灌水量越多,花生籽粒越饱满。说明水分对果实发育的作用至关重要。

花生耗水量与经济产量之间数学相关关系类似二次多项式抛物线函数,二者的相关方程为:

$Y = -0.037x^2 + 5.62x - 116.603, (R^2 = 0.978,$  显著相关)花生经济产量随着耗水量的增加先增加后减少。

水分的利用率,即单位灌水量所产生的经济产量。处理 1 至 4 中,水分充足的处理 2,3,4,水分利用率明显高于处理 1。而全生育期固定含水量的处理 5,6,7,则有随着土壤含水量的增加而水分利用率先增加后减少的趋势。其中处理 6 的水分利用率为本试验中最高(表 3)。

表 3 产量与水分利用率

测定 指标	灌水量/ L	经济 产量/g	荚果数	百粒重/ g	水分利用率/ (g · kg <sup>-1</sup> )
处理 1	43.90c	59.9c	47.8c	125.3	1.36
处理 2	53.03bc	78.6b	53.7c	146.2	1.47
处理 3	48.63bc	70.1c	55.0b	127.4	1.44
处理 4	66.07ab	95.6a	60.0a	159.3	1.45
处理 5	41.37c	55.6c	48.8c	113.9	1.35
处理 6	60.67b	92.9a	55.1b	168.9	1.53
处理 7	73.90a	97.8a	60.5a	161.6	1.32

3 结 论

(1) 灌水量的大小对植株发育有着重要影响,前

期适当控水,后期补水,对于植株的发育影响不大,通过此方法达到一定的节水效果。但控水的时期应该把握准确,苗期控水一段时间后应在花针期之前复水,否则会影响到植株的分枝和开花下针数;花针期需水量不大,水分应该保持适中,干旱会使荚果数减少,导致减产;结荚期必须供给充足的水分,否则荚果发育不良,产量受到严重影响。

(2) 全生育期土壤水分下限控制在田间持水量的 60%,花生经济产量为 92.9 g/盆,水分利用率为 1.53 g/kg 均高于其他处理,可用来指导东北风沙土花生栽培补水灌溉指标。

参考文献:

[1] 万书波. 中国花生栽培学[M]. 上海:上海科学技术出版社,2003.

[2] 严美玲,李向东,矫岩林,等. 不同花生品种的抗旱性比较鉴定[J]. 花生学报,2004,33(1):8-12.

[3] 任罡,武朝宝,张海泉. 花生耗水规律及其节水灌溉制度试验研究[J]. 山西水利科技,2009(3):84-86.

[4] 杨传婷,张佳蕾,张凤,等. 花生不同种植方式的耗水特点和水分利用效率差异研究[J]. 山东农业科学,2012,44(9):34-37.

[5] 康健奇. 花生开花下针期的灌溉技术[J]. 吉林农业,2009(7):32-32.

[6] 刘吉利,王铭伦,吴娜,等. 苗期水分胁迫对花生产量,品质 and 水分利用效率的影响[J]. 中国农业科技导报,2009,11(2):114-118.

[7] 苗锦山,王铭伦. 水分胁迫对花生生长发育影响的研究进展[J]. 花生学报,2004,32(S):368-371.

[8] 张智猛,万书波,戴良香,等. 花生抗旱性鉴定指标的筛选与评价[J]. 植物生态学报,2011,35(1):100-109.

[9] 倪艳波,闫苗苗,魏光成,等. 水分胁迫下花生部分生理指标的变化[J]. 安徽农业科学,2007,35(34):11004-11005.

[10] 刘吉利,赵长星,吴娜,等. 苗期干旱及复水对花生光合特性及水分利用效率的影响[J]. 中国农业科学,2011,44(3):469-476.