

不同土壤目标含水量对夏玉米 光合性能及产量的影响

李素美 东先旺

(莱阳农学院 山东莱阳 265200)

陈建华

(威海农业局, 山东威海)

摘 要 利用防雨设施研究了不同土壤目标含水量对夏玉米光合性能及产量的影响。结果表明, 土壤水分含量与产量密切相关, 夏玉米产量形成的土壤水分临界值为田间持水量的 45% 左右, 最佳产量形成的土壤水分临界值为 80%, 50% 左右是夏玉米出苗的土壤水分临界值, 70% 左右是最佳出苗率的土壤水分临界值。土壤干旱及过湿均使光合面积、光合势、干物质积累强度及光合速率下降, 导致大幅度减产。夏玉米不同生育阶段对水分的需求量有别, 有益于夏玉米光合性能的土壤水分指标为: 苗期阶段 50% ~ 80%, 拔节后为 60% ~ 80%, 以 70% ~ 80% 为最优。

关键词 夏玉米 土壤目标含水量 光合性能 产量

中图分类号 S513.07 文献标识码 A 文章编号 1000-7091(1999)03-0055-05

关于土壤水分状况对夏玉米生长发育及产量的影响, 许多学者作过大量研究。常鸿等在大田条件下采用分期定量灌水的方法, 探明了灌溉与产量的增长呈现报酬递减规律^[1]。鲍巨松、徐世昌等在盆栽条件下研究了短期阶段性水分胁迫对玉米生理特性及产量的影响强度, 提出了玉米开花期灌水的重要性^[2,3]。然而, 以往的研究结果多是采用大田或盆栽阶段性控水的试验条件, 而全程性目标控水条件下的研究鲜见报道。本研究采用大型防雨设施——防雨棚控制土壤水分条件, 观察测定不同目标含水量对夏玉米光合性能及产量的影响, 旨在为确定夏玉米需水指标提供科学依据。

1 材料和方法

试验在莱阳农学院农学系试验站大型活动式防雨棚内进行, 土壤为河潮土, 质地中壤, 0~100 cm 的土壤田间持水量、容重分别为 23.79%、1.56 g/cm³, 土壤肥力水平较高, 棚内微区长宽各 2 m, 深 1.5 m, 四周有水泥隔离层, 区内埋有同等深度的铝管用于测定水分含量, 试验设 5 个处理, 重复 3 次, 为保证各处理出苗齐全一致, 播种时均按田间持水量的 70% 灌水, 其后按各处理全程土壤水分目标控制灌水量。土壤水分目标以 0~50 cm 土层土壤含水量占田间持水量的百分数表示, 各处理的目标含水量分别为 40% ~ 50%、50% ~ 60%、60% ~ 70%、70% ~ 80%、80% ~ 100%。各处理灌水量按 $W = rHA(W_s - W_0)$ 公式计算。式中 r 为容重, H 为计划土层深度, A 为面积, W_s 为设计土壤含水率上限, W_0 为灌前实测含水率。

供试品种为掖单 2 号, 生育期 100 d 左右, 6 月 20 日前后播种, 密度为 6. 75 株/ m², 施肥量、施肥时期及田间管理同丰产田。用 LN W - 50C 智能中子仪测定土壤含水量, 5 d 测定一次, 自来水表控制灌水量。光合速率用美国产 LI- 6200 光合系统测定。其它项目按常规法进行。

2 结果与分析

2. 1 光合性能的变化

2. 1. 1 叶面积的变化 从生育期内各处理单株叶面积的变化(表 1) 可以看出, 单株最大叶面积出现在开花期前后, 在目标含水量 80% 以下单株叶面积与土壤含水量呈正相关, 以开花期为界把夏玉米生育过程分为前半期和后半期, 目标含水量 70% ~ 80% 处理的叶面积发展动态为: 生育前半期生长快、增幅高, 生育后半期稳定, 衰减缓慢, 功能期长, 符合高产玉米叶面积前快、中稳、后衰慢的规律。目标含水量在 40% ~ 50% 时, 夏玉米几乎一生处在半萎焉状态, 成熟期以前叶片全部干枯, 生物产量极低, 经济产量形成甚微。目标含水量在 80% ~ 100% 时, 生育前半期单株叶面积扩展慢, 增幅小, 生育后半期叶面积较稳定, 表明生育后半期土壤水分不足是光合面积急速衰减的重要原因之一。根据不同目标含水量与叶面积消长的关系, 可确定为苗期阶段的适宜目标含水量为 50% ~ 80%, 大口期为 60% ~ 80%, 开花期前后及生育后半期为 70% ~ 80%。

表 1 不同目标含水量单株叶面积						cm ²
处理(%)	拔节期	大口期	开花期	乳熟期	成熟期	
40~ 50	788. 2	1382. 9	1859. 7	1016. 2	0	
50~ 60	839. 0	2029. 6	3636. 3	2493. 6	905. 1	
60~ 70	842. 6	2212. 5	3929. 7	3493. 0	2607. 5	
70~ 80	840. 3	2358. 5	4651. 0	4326. 0	3555. 7	
80~ 100	701. 3	1682. 0	3248. 5	2655. 0	2270. 0	

注: 表中处理各值分别为目标含水量的百分数(以下同)

2. 1. 2 光合势的变化 光合势(LAD) 决定于叶面积大小和叶片功能期长短, 代表了玉米的生产潜力。不同目标含水量对光合势的影响与叶面积变化趋势基本一致(表 2)。随着目标含水

表 2 不同目标含水量光合势的变化								
处理(%)	出苗-拔节	拔节-大口	大口-开花	开花-乳熟	乳熟-成熟	开花前	开花后	总光合势
40~ 50	3546. 9	9767. 9	8755. 0	8412. 0	6259. 4	22069. 8	14671. 4	36741. 2
50~ 60	3707. 0	12937. 5	15296. 3	17930. 8	22937. 2	31940. 8	40868. 0	72808. 8
60~ 70	3791. 7	13747. 9	16584. 0	21713. 5	41178. 4	34123. 6	62891. 9	97015. 5
70~ 80	3780. 9	14394. 2	18925. 7	26257. 7	49654. 7	37100. 8	75912. 4	113013. 2
80~ 100	3155. 9	10724. 9	11093. 6	19924. 3	33343. 8	24974. 4	53268. 1	78242. 5

量增加, 生育前半期光合势占总光合势的比值逐步下降, 而生育后半期光合势所占比值明显提高。干旱状态下总光合势小, 生育后半期光合势占总光合势的 40% 左右。土壤过湿条件下总光合势亦低, 生育后半期光合势占总光合势的 70% 左右。目标含水量在 60% ~ 80% 范围内, 各阶段光合势发展协调, 总光合势高, 尤以 70% ~ 80% 为最优, 既保证了营养体的生长, 又利

于经济产量的形成。

2.1.3 干物质积累的变化 试验结果见表 3。在目标含水量 80% 以下, 各处理拔节期单株干物质积累量无明显差异, 目标含水量在 80%~100% 时, 拔节期单株干物质积累量明显减少,

表 3 不同目标含水量单株干物质积累 g

处理(%)	拔节期	大口期	开花期	乳熟期	成熟期	生育前半期占总干物质(%)	生育后半期半期占总干物质(%)
40~ 50	3. 30	15. 60	22. 40	25. 40	40. 20	38. 63	61. 37
50~ 60	3. 63	27. 40	74. 90	107. 60	145. 80	29. 48	70. 52
60~ 70	3. 73	30. 80	92. 20	159. 50	206. 40	25. 72	74. 28
70~ 80	3. 69	34. 80	101. 50	170. 80	228. 40	25. 96	74. 04
80~ 100	2. 30	21. 20	65. 70	116. 70	161. 40	24. 29	75. 71

拔节期以后, 目标含水量 80%~100% 时单株干物质积累量明显高于干旱处理, 这表明夏玉米在苗期阶段耐旱性较强, 耐涝性较弱, 拔节期以后耐旱性减弱, 耐涝性增强。拔节期后, 目标含水量 80% 以下单株干物质积累量随土壤水分增加而增加, 大口期以后最为明显, 以 70%~80% 的处理递增快, 生物产量最高。从各处理干物质积累的动态看, 随着目标含水量增加, 生育前半期单株干物质积累占总干物质的比值逐渐下降。

2.1.4 干物质积累强度的变化 生育期内不同目标含水量对干物质积累强度的影响出现阶段性变化(表 4), 出苗至拔节阶段影响强度较弱, 拔节至大口期影响强度明显增强, 大口期至乳熟期影响最强, 表明夏玉米大口期至乳熟期需水量最大, 对水分反应敏感。土壤水分状况差异明显地反映在干物质积累强度上, 目标含水量 40%~50% 时, 生育后半期积累强度很弱, 目标含水量 80%~100% 时, 生育前半期积累强度较弱, 后半期较强, 以目标含水量 70%~80% 时全程干物质积累强度最大。

表 4 不同目标含水量单株干物质积累强度变化 g·d⁻¹

处理(%)	出苗期~ 拔节期	拔节期~ 大口期	大口期~ 开花期	开花期~ 乳熟期	乳熟期~ 成熟期
40~ 50	0. 16	0. 62	0. 68	0. 20	0. 49
50~ 60	0. 18	1. 18	4. 75	2. 18	1. 27
60~ 70	0. 20	1. 45	6. 00	4. 48	1. 56
70~ 80	0. 19	1. 56	6. 67	4. 62	1. 92
80~ 100	0. 12	0. 95	4. 45	3. 94	1. 39

2.1.5 光合速率的变化 光合速率的高低代表了干物质生产能力的大小, 与土壤水分状况密切相关(表 5)。从不同处理全程动态看, 40%~60% 时光合速率随生育进展而降低, 60%~100% 时呈抛物线状态。不同目标含水量对光合速率影响的差异表现为: 70%~80% 各生育时期光合速率高而稳, 土壤干旱及过湿条件下各生育时期光合速率低, 拔节前后目标含水量在

表 5 不同目标含水量光合速率的变化 μmol·m⁻²·s⁻¹

处理(%)	拔节期	大口期	开花期	乳熟期	腊熟期
40~ 50	26. 20	17. 52	12. 10	10. 21	4. 84
50~ 60	36. 85	32. 53	26. 62	14. 33	10. 87
60~ 70	38. 21	40. 55	35. 94	30. 27	21. 94
70~ 80	36. 90	43. 22	40. 30	35. 58	28. 79
80~ 100	29. 60	36. 10	30. 55	17. 23	14. 28

50%~ 80% 范围内光合速率差异不明显,大口期以后目标含水量 60%~ 80% 有利于提高光合速率。

2.2 产量及产量构成因素的变化

2.2.1 不同目标含水量对植株营养体的影响 不同目标含水量对植株营养体的影响(表 6),在目标含水量 70%~ 80% 以下,各种指标与含水量呈正相关,以 70%~ 80% 为最佳,80%~ 100% 时又有所下降。

表 6 不同目标含水量植株营养体状况

处理 (%)	株高 (cm)	茎粗 (cm)	穗位高 (cm)	单株最大叶面积 (cm ²)	根条数 (条)
40~ 50	97. 0	0. 98	34. 4	1859. 7	22. 4
50~ 60	168. 5	1. 59	67. 6	3636. 3	33. 2
60~ 70	202. 7	1. 79	89. 7	3929. 7	45. 2
70~ 80	203. 4	1. 88	92. 0	4651. 0	47. 0
80~ 100	156. 0	1. 50	53. 6	3248. 5	28. 0

注:茎根系基部节间直径

2.2.2 不同目标含水量对产量及产量性状的影响 两年试验结果(表 7)表明,土壤含水量全程控制在田间持水量的 40%~ 50% 时,基本上不能形成经济产量或形成量甚微。随着水量的递增产量及产量性状趋优,在目标含水量 80% 以下呈明显直线关系,但当目标含水量达 80% 以上时,产量及产量性状又明显变劣,两年中这种变化动态完全一致。根据夏玉米产量随土

表 7 不同目标含水量对产量及产量性状的影响

处理 (%)	空穗率 (%)	穗数 (个/m ²)	穗长 (cm)	粒数 (粒/株)	千粒重 (g)	干物重 (g/株)	粒重 (g/株)	产量 kg/hm ²	经济系数
40~ 50	80. 2	1. 34	3. 6	11. 0	143. 0	40. 2	1. 6	21. 2	0. 04
50~ 60	18. 5	5. 70	10. 5	204. 0	228. 2	145. 8	46. 6	2656. 3	0. 32
60~ 70	0	6. 75	14. 8	358. 3	288. 2	206. 4	103. 2	6966. 3	0. 50
70~ 80	0	6. 75	15. 5	394. 9	295. 0	228. 3	116. 5	7864. 5	0. 51
80~ 100	0	6. 75	13. 4	265. 0	261. 8	161. 5	69. 4	4684. 7	0. 43

壤含水量而明显变化的界限,可把田间持水量的 45% 确定为夏玉米产量形成的土壤水分临界值,80% 左右为夏玉米最佳产量的土壤水分临界值,又根据辅助试验结果(表 8),可把田间持水量的 50% 确定为夏玉米出苗的土壤水分临界值,70% 左右为最佳出苗率的土壤水分临界值。上述结果表明玉米是需水量较多的作物,产量水平及经济性状与供水量密切相关。本试验在目标含水量 60%~ 80% 范围内,产量构成因素较协调,产量水平达 6 966. 3~ 7 864. 5 kg/hm²,尤以目标含水量 70%~ 80% 的处理表现最优。土壤干旱缺水及土壤过湿对夏玉米产量导致的结果都是减产。

表 8 播种期土壤水分状况对出苗的影响

土壤含水量占田间持水量(%)	30	40	50	60	70	80	90
出 苗 率(%)	0	0	8. 2	79. 5	100	86. 4	53. 6

3 讨论

夏玉米的生长发育处在高温季节, 生育全程需水量多, 产量的形成与土壤水分含量密切相关, 但并非完全呈直线关系, 证明夏玉米对水分的需求有适量界限。

土壤水分状况对夏玉米产量形成的影响有明显的阶段性, 干旱对夏玉米生育后半期的影响强度大于前半期, 干旱使经济器官大幅度减量, 经济系数显著降低, 对“库”的损伤程度极大, 导致严重减产。土壤过湿对夏玉米前半期的影响强度大于后半期, 过湿严重削减营养体, 对“源”的损伤程度大, 而经济器官的减幅较小。因此可以认为持续干旱对产量的影响更甚于多湿, 生育后半期土壤水分不足是降低经济系数的重要原因之一。玉米节水灌溉的概念不是全程性的, 而是阶段性的, 节水的主要阶段在生育前半期, 生育后半期不容忽视水分管理。

参 考 文 献

1 常鸿. 玉米的丰产灌溉及效益. 山东农业科学, 1988(2): 11~ 14
2 鲍巨松 等. 不同生育时期水分胁迫对玉米生理特性的影响. 作物学报, 1991(4): 261~ 265
3 徐世昌 等. 水分胁迫对玉米光合性能及产量的影响. 作物学报, 1995(3): 356~ 363

Effect of Different Target Water Content in Soil on
Photosynthetic Property and Yield of Summer-sowing Corn

Li Sumei Dong Xianwang Chen Jianhua

(Laiyang Agricultural College, laiyang, Shandong 265200) (Weihai Agricultural Bureau, Weihai, Shandong)

Abstract The effect of different target water content in soil on the photosynthetic property and yield of summer-sowing corn was studied under the rain-proof condition. The results showed that the moisture content in soil was closely related to yield, the critical values of moisture content in soil were 45% of field water capacity at period of yield formation, 80% at period of optimum yield formation, 50% at period of seedling emergence, 70% at period of optimum seedling emergence. Dry or over-wet soil tended to decrease photosynthetic area, potential and rate, the accumulative intension of dry matter, that caused the drop of crop yield with a great scope. The requirement for soil water content differed at the different growing time, the waterndices that were useful for the summer-sowing cron photosynthetic property were: 50% to 80% for the seedling stage, 60% to 80% for the jointing stage and after that, and 70% to 80% was the best excellent.

Key words: Summer-sowing corn; Target water content of soil; Photosynthetic property; Yield