

干旱条件下夏玉米耗水分析^①

吕厚荃 杨霏云 钱 拴

(中国气象科学研究院,北京 100081)

提 要

根据田间试验结果,分析干旱年份夏玉米不同发育阶段耗水状况,对比了不同日降水量对玉米田3米剖面的水分分布状况的影响,讨论了土壤失墒过程中的不同深度水分的变化以及土壤水分对玉米干物质积累的影响,为干旱年份玉米水分的科学管理提供依据。

关键词: 干旱 夏玉米 耗水量

引 言

玉米是北方地区的主要粮食作物,在我国粮食生产中占有较大的比例。华北为玉米主产区之一,地处季风气候区,降水年变率大,且主要集中在夏季。因此,玉米生育期降水分布及其水分消耗不仅直接影响玉米产量,而且对冬小麦的底墒也会有较大影响。夏玉米生育期短,生长季处在高温季节,生理需水量大,短时干旱就会造成较大减产。近年来,北方地区频繁出现的夏秋干旱给玉米生产造成了较大的损失。掌握干旱条件下玉米耗水规律及其对土壤水分分布,对防旱减灾具有重要意义。本文通过对大田试验资料的分析,探讨干旱条件下玉米田3米土层的土壤水分的变化,研究玉米的耗水状况。

1 实验方法

试验区位于河北省定兴县中国气象科学研究院农业气象试验基地(39°08'N, 115°48'E)。试验在大田自然降水条件下进行,试验期为1999年7月1日至9月30日,共92天。玉米的种植密度为68000株/公顷。玉米播种期为6月18日,成熟期为10月5日,

全生育期共110天,叶面积和高度等生物量调查每10天进行一次。土壤水分每5~6天测定一次,在大田中分9个点取样进行观测,在以下分析中采用平均土壤湿度。0~30cm土壤水分观测采用烘干法,40~300cm土壤水分观测采用中子仪法。

试验地点处于黄淮海平原的北部地区,玉米全生育期内总降水量为225mm。研究表明:干旱年的玉米耗水大于湿润年,黄淮海平原干旱年份夏玉米平均需水量350~450mm^[1],而本试验中玉米全生育期的降水量仅占玉米需水量的60%左右,自然降水远不能满足玉米的生理需水,为干旱年型。试验观测开始时3m土层内含水量为735.8mm,结束时含水量782.3mm,余存量为46.6mm。

2 土壤水分变化及对玉米干物质形成的影响

2.1 玉米生育期间土壤水分的变化

图1为试验期间的降水量分布,显示出降水集中在8月20日之前,其中有2天日降水量超过40mm,出现在7月30日~8月5

① 本研究由中国气象局青年科学基金资助

日之间,恰好为玉米的孕穗至抽雄期,表明主要降水与玉米需水高峰期吻合。

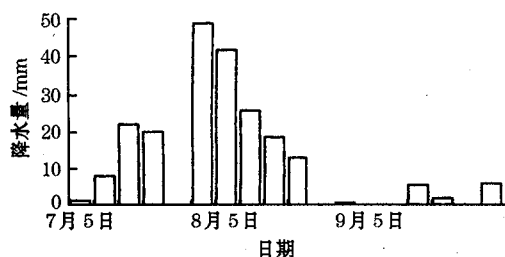


图1 玉米生育期内的降水分布

我们将玉米发育期分为3个阶段,图2显示了3个阶段3m土层土壤水分的变化,土壤湿度为占田间持水量的百分率。图2a为玉米三叶期至拔节期(7月5~25日)的土壤水分变化,在此期间降水量为51.7mm,这一阶段玉米植株小,叶面积指数为0.05~0.2,农田覆盖度低,作物对水分的生理消耗较小,以土壤蒸发为主。由图可看出与降水和蒸散有关的土壤水分变化主要在40cm以上土层。图2b为玉米拔节期至吐丝期(7月26日~8月20日)的土壤水分变化,此期间降水量为147.4mm,此时植株茎叶迅速增长,叶面积指数从0.2增至3.6,同时果穗和雄

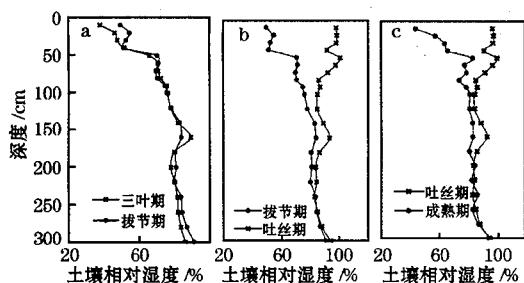


图2 玉米不同发育期土壤剖面的水分变化
花均处于形成阶段,作物耗水量大,以蒸腾为主。由于降水强度大,截留量小,与同期蒸散消耗相比,土壤水分仍有所盈余。从土壤水分垂直分布可看出在240cm以上土层水分有所增加。图2c显示了吐丝至成熟期(8月21日~10月5日)的土壤水分变化,此期间

降水为13.1mm,耗水只能靠土壤贮水来维系。随着土壤水分的减少,玉米受到水分胁迫,叶片逐渐黄枯,叶面积由3.6减小到0.3,蒸腾量渐渐减小,蒸发量增加。但在后期表层过干,土壤阻力大,蒸散过程主要通过根系吸水来完成,水分消耗向深层。由图可看出,水分消耗深度已达200cm左右,甚至在250cm仍有水分消耗。

大部分已有的试验结果表明:玉米拔节前根系生长缓慢,拔节至抽雄是根系增长最快的时期,根系平均入土深度为1m左右,耗水深度一般仅达2m左右^[2]。我们把供水层分别按1m、2m、3m来考虑,玉米在第一阶段的耗水比率分别为18.9%、19.6%、19.7%,第二阶段为32.8%、23.1%、18.5%,第三阶段为48.4%、57.3%、61.9%。从上述结果可看出玉米耗水的高峰期主要在吐丝至成熟期,但对1m土层来说,初期和中期的耗水量由于以土壤蒸发为主,耗水量较小;拔节至吐丝期虽为玉米的需水高峰期,但此时正值高温多雨季节,降水集中,强度较大,入渗速度快,在240cm以上土层土壤水分有明显增加。而在吐丝至成熟期水分消耗主要来源于土壤储存,此时根系已十分发达,吸水能力较强,但叶片已逐渐干枯,蒸散量减小,土壤蒸发加大,水分消耗集中在200cm之上,与深根的冬小麦相比,主要供水层要浅1m左右。

2.2 不同强度降水对土壤水分分布的影响

为了考察不同强度降水过程对土壤水分的影响,我们把降水分为日降水量<20mm、≥20mm且<40mm、≥40mm 3个等级来考虑。结果表明:在出现<20mm降水后土壤湿度无明显变化。图3显示了出现≥20mm和≥40mm降水后土壤水分的垂直分布状况。图3a为日雨量≥20mm降水后土壤水分的变化,7月15日是玉米播种后出现的第

一场大于 20mm 降水后的土壤水分分布,此时土壤较为干燥,可看出在 30cm 以上土壤水分有明显增加,当 7 月 20 日再度出现大于 20mm 降水后,40cm 以上土壤水分有所增加。8 月 15 日是在土壤湿润状态下出现 ≥ 20 mm 降水以后的土壤水分分布,降水入渗深度仅 20 cm 左右。由此可见,无论在干燥或湿润的条件下,日雨量为 20 多毫米的降水渗透深度均不足 50cm。图 3b 显示了两场大于 40mm 的降水以后的情况,在 7 月 30 日出现 48mm 降水后,在 240cm 以上均可明显看出土壤水分的增加,特别是在 120cm 以上增量,而 8 月 5 日出现 41mm 降水后,土壤水分增量明显减小,但在 70cm 以下,甚至在 250cm 以下水分也有所增加。

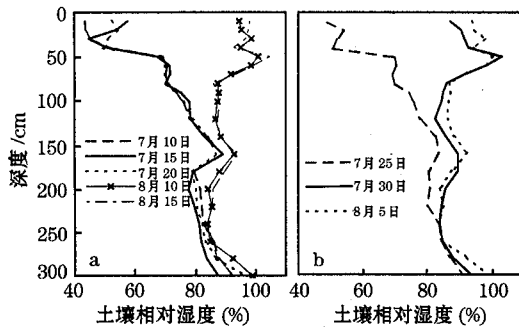


图3 不同强度降水对土壤水分垂直

2.3 持续少雨情况下的土壤水分变化

在本试验后期,降水明显减少,从 8 月 20 日以后未出现过大于 10mm 的降水。图 4 显示了 8 月 20 日~9 月 30 日的 300cm 土壤剖面的水分分布状况。当表层土壤相对湿度高于 80% 以上时,以 50cm 以上的水分消耗为主,随着水分的减少,1m 以下土层水分消耗明显增加,说明当表层土壤水分小于 80% 时,表面阻力增大,作物根系吸水量增加,表面蒸发减小,当表层土壤水分小于 60% 时水分消耗集中在 50cm 以下,甚至 250cm 左右仍可观察到水分消耗,比其它研究结果的耗

水深度更深。表明在干旱年份玉米的根系伸展深度比一般年份要深。在此采用康绍忠的根吸水模式^[3]考察玉米的根系吸水状况:

$$S_r = ET(t) \cdot A \exp \left[-0.7597 \left((Z - 0.2821) / Z_r \right)^2 \right] \quad (1)$$

式中 S_r 为根系吸水量(mm/d), $ET(t)$ 为蒸散量(mm/d), Z 为土层深度(m), Z_r 为根系伸展深度(m), A 为经验系数。

$$A = 0.524 - 0.01702 J_d + 1.4 \times 10^{-4} J_d^2 \quad (2)$$

$$Z_r = (-0.6389 + 0.6742 J_d) \times 10^{-2} \quad (3)$$

其中 J_d 为播种后天数(d)。

计算结果表明,在生长初期由于根系较浅,根系平均日吸水量不足 1mm/d,随着表层土壤水分的减少和根系的发育,根系吸水量逐步加大,到生育后期吸水量可达 3.5mm/d 左右。

2.4 玉米干物质形成与水分消耗

图 4 显示了玉米干物质累积过程,由图可以看出玉米在 8 月 10 日~9 月 10 日的干物质增加量最为明显,近乎于线性增长。以单株平均干物质增长量与耗水量之比来衡量水分利用效率,即:

$$U = W / E_a \quad (4)$$

式中 U 为耗水比(g/mm), W 为单株干物重增长量(g), E_a 为 3m 土层实际蒸散耗水量(mm)。

由图可看出,在发育初期植株体较小,水分利用效率很低,仅 0.03g/mm,在发育的中后期达到 1.7g/mm,这一时期整个 3m 土壤剖面土壤水分充足,均占田间持水量的 80% 以上,在玉米雌雄穗分化和开花授粉时未受水分胁迫。在后期表层土壤十分干燥的情况下,水分利用率急剧下降为 0.4g/mm,表明受到的水分胁迫较大,玉米灌浆受到抑制,最

终考种结果:玉米穗的秃尖比为 1/10;百粒重为 30.4g;籽粒与总干物重的比为 0.52;理论产量为 $6879\text{kg}/\text{hm}^2$ ($458.6\text{ kg}/\text{亩}$),低于华北地区正常年份的平均产量。

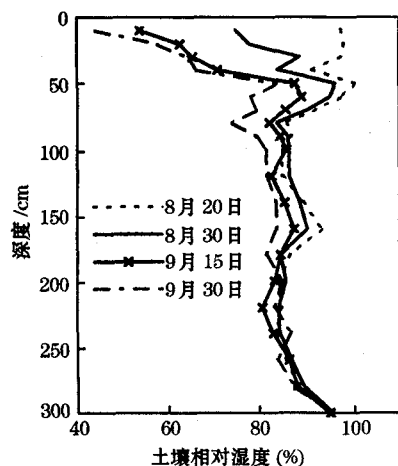


图4 降水稀少条件下土壤水分的变化

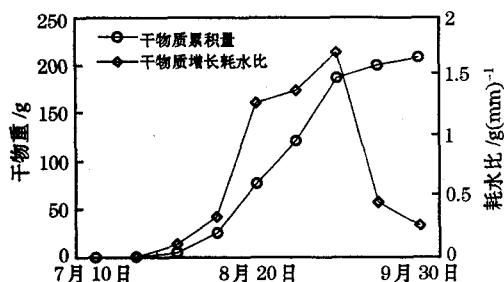


图5 玉米单株平均干物质增长随时间的变化

3 结果与讨论

以上结果表明:在夏玉米生长季干旱的年份,降水的时间分布和强度对玉米耗水和产量形成有较大影响。玉米在拔节至灌浆期水分消耗量最大,在干旱年份如果降水集中在这一产量形成的关键时期,可缓解干旱对玉米的不良影响。当日降水量小于 20mm 时,降水对玉米田的增墒作用甚微;当日降水量大于 20mm、小于 40mm 时,降水对浅层土壤有明显的增墒作用;当日降水量大于 40mm 时,降水对深层土壤有明显增墒作用。在干旱的条件下,玉米的耗水深度可达 250cm 左右。因此在地下水位较高的地区,玉米后期干旱对产量的影响较小。但由于本研究中试验仅限于一个生长季,不能更深入地探讨夏玉米在不同强度的干旱年份耗水规律,特别是夏玉米对深层土壤水分的消耗利用,还有需要进行进一步的试验研究。

参考文献

- 1 程维新,胡朝炳,张兴权. 农田蒸发与作物耗水量研究. 北京:气象出版社,1994:111~127.
- 2 洪嘉琦,刘士平. 不同作物农田蒸散量的计算. 农田蒸发研究. 北京:气象出版社,1991:193~202.
- 3 刘晓明,康绍忠,韦忠. 玉米根系吸水规律的分析. 西北水资源与水工程,1992,(1):28~36.

Study on Water Consumption in Summer Corn Field under Condition of Drought

Lu Houquan Yang Feiyun Qian Shuan

(Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081)

Abstract

Based on the results of field experiment, the analysis of water consumption during various growing phases in an arid year is made. The influences of different daily rainfall on distribution of soil water on three-meter profile are compared. The variation of soil layers in different depth in processes of soil water losing and its effect on accumulation of dry mass are discussed. The result could provide a foundation for management of soil water in the field of summer corn in arid year.

Key Words: drought summer corn consumption of soil water