

土壤水分条件对冬小麦耗水的影响

阮立山 徐梦熊

(中国科学院南京土壤研究所 南京 210008)

摘 要

本文通过田间大型土柱试验,研究了在不同供水条件下,冬小麦各生育期的麦田耗水水平和根层土壤水分动态;麦田耗水量与冬小麦的生物产量、经济产量之间的关系及水分利用效率。

关键词 土壤水分;冬小麦耗水

黄淮海地区是我国冬小麦主要生产地区。随着该地区人口的增长和工农业生产的发展,水资源日趋紧缺。国内学者对该地区的土壤水分条件对冬小麦耗水的影响以及冬小麦耗水量与冬小麦经济产量、生物量之间的关系做了较多研究^[1,2]。本试验采用大型土柱法,在1992—1994年研究了不同土壤水分条件下冬小麦各生育阶段的耗水动态,对试验结果进行了统计分析,得出麦田耗水量与生物产量、经济产量之间的关系式,并建立了水分生产函数模型,为农田水分管理提供一定的依据。

1 设计与方法

1.1 试验设计

试验在中国科学院封丘农业生态站进行。试验用的土柱土面与田间土面相平,土柱面积为 $2\text{m}^2(2\text{m} \times 1\text{m})$,深 2m (与当地小麦根系可能伸展的深度相一致),有底、密封。土柱底填装 0.2m 厚的沙滤层,滤层上分层覆填 1.7m 厚土壤。土表 $0-0.6\text{m}$ 为沙壤土, $0.6-0.8\text{m}$ 为粘土, $0.8-1.7\text{m}$ 沙壤土,容重分别为 1.475 、 1.490 、 $1.475\text{g}/\text{cm}^3$ 。土柱上方按装可移动防雨棚,隔绝降雨。

根据当地麦田实际情况,试验设5个处理:(1)供水不足;(2)适中供水;(3)充分供水;(4)传统灌溉;(5)大田雨养。前3个处理的根层土壤容积含水量分别控制在 $<18\%$ 、 25% 、 $>30\%$,处理4的土壤含水量与麦田相同。每个处理3个重复,共12个土柱。每个土柱埋设中子测水导管一支,深度 1.8m 。

土柱与常规麦田水分的监测采用中子仪(Solo25型),同时用土钻取土,用烘干法测定 $0-0.3\text{m}$ 土层含水量,平均10天测定一次。

试验的施肥量:N为 13 公斤/亩, P_2O_5 为 7 公斤/亩。采用人工耕翻播种,10月中旬播种,播种量 9 公斤/亩;翌年6月初收割。

1.2 计算方法

根层土壤水分实际蒸散量用水量平衡方程计算^[3]：

$$\Delta S = (P+I+U)-(R+D+E_t) \quad (1)$$

式中: ΔS 为根层土壤蓄水量的变量,水量增加为正,减少为负;P为降水量;I为灌水量;

U 为进入根层土壤的毛管上升水量, R 为地表径流量; D 为渗漏水量; E_t 为耗水量或蒸散量。各分量单位均以水层厚度(mm)表示。

土柱试验不受降雨, 地下水, 渗漏的影响。因此, 水量平衡方程(1)式可简化为:

$$E_t = I - \Delta S \quad (2)$$

2 结果与讨论

2.1 冬小麦耗水动态

黄淮海地区的冬小麦生育期耗水动态, 曾有较多报道^[4]。我们通过对土壤的不同供水条件, 分析麦田根层土壤水分消耗过程。以此推算冬小麦在不同时段的蒸散过程。

1992年至1994年冬小麦各生育阶段的试验结果(表1)表明, 尽管对土壤的供水量不同, 但麦田耗水过程的趋势是十分相似的。冬小麦有2个耗水高峰期: 第1个高峰期在出苗至分蘖, 此期土壤水分要满足出苗与分蘖的需要。第2个高峰期在拔节至灌浆, 此期土壤水分丰或缺主要影响冬小麦植株高度, 籽实品质和产量。这2个需水高峰期与冬小麦生理耗水的特性及当地大气蒸散条件有关。尽管对根层土壤供水量不同, 而这种特性一般是不变的。

从播种至分蘖期, 这个阶段气温较高(最高达19℃), 土壤蒸发日平均耗水一般在2.0—1.2mm。随着气温降低, 耗水量逐渐降至0.5mm。根据程维新等研究^[4], 冬小麦分蘖盛期蒸腾耗水量只有分蘖期麦田总耗水量的11%。可见出苗至分蘖期麦田耗水以土壤蒸发为主。尽管如此, 这个阶段的根层土壤湿度对种子发芽率和分蘖数是至关重要的。

越冬期约80天, 由于低温和地表处于冻结状态, 冬小麦地上部分基本停止生长, 处于休眠状态。麦田耗水仍以土面蒸发为主, 日平均耗水不超过0.4mm。其中供水不足处理区日耗水只有0.2mm左右。因此不同处理之间耗水差异不显著。

表1 不同供水条件的冬小麦各生育阶段耗水量 (mm)(1992—1993年)

处 理	供水不足	适中供水	充分供水	传统灌溉
苗期耗水	36.00	45.00	49.00	47.00
日均耗水	0.60	0.75	0.82	0.78
越冬期耗水	18.00	26.00	29.00	25.00
日均耗水	0.22	0.33	0.36	0.31
返青期耗水	24.00	29.00	30.00	32.00
日均耗水	1.20	1.47	1.50	1.60
拔节灌浆期耗水	157.00	223.00	281.00	268.00
日均耗水	1.92	2.96	3.80	3.48
黄熟期耗水	26.00	43.00	61.00	46.00
日均耗水	1.30	2.15	2.60	2.30
全生育期耗水	238.00	375.00	450.00	420.00
(1993—1994年)				
苗期耗水	32.00	39.00	48.00	45.00
日均耗水	0.53	0.56	0.71	0.69
越冬期耗水	14.00	22.00	30.00	31.00
日均耗水	0.18	0.28	0.38	0.38
返青期耗水	21.00	24.00	32.00	33.00
日均耗水	1.10	1.20	1.60	1.65
拔节灌浆期耗水	147.00	237.00	320.00	245.00
日均耗水	1.63	2.63	3.56	2.72
黄熟期耗水	21.00	38.00	59.00	45.00
日均耗水	1.05	1.90	3.00	2.75
全生育期耗水	214.00	342.00	430.00	356.00

冬小麦返青期较短,随着地温的回升,冬小麦营养生长加快,各处理区之间的麦田耗水量呈直线上升,如充分供水处理日平均耗水量可达1.6mm,供水不足处理有时可达1.2mm。

冬小麦的拔节灌浆期,地表大部分为枝叶覆盖,叶面蒸腾成为麦田耗水的主导因素。不同处理之间耗水量已显著不同,如充分供水处理麦田日耗水量高于供水不足区一倍左右。经测定,在4月中旬,各处理区的耗水量均达到最大值,其中充分供水处理区接近5mm,供水不足处理在2.5mm左右。可见此时冬小麦的生理需水已达到顶峰,如果此期供水不足,则严重影响冬小麦的品质与产量。

冬小麦黄熟期间一般在20天左右,试验结果(表1)表明,此时麦田耗水迅速回落到1.2—2.8mm之间,无效的蒸发耗水起主导作用。因此,此时麦田水分丰缺对冬小麦产量、品质影响不大,反之过多的水分将导致收获期的迟晚,造成水资源的浪费。

2.2 冬小麦产量与耗水量的关系

一般将资源投入与相应产品产量之间的关系称为生产函数,不同的水分供给量可获得不同的产量(生物量与经济产量),它们之间的关系称为水分生产函数,即反应产量与作物全生育期总耗水量的关系。我们对试验结果(表2)进行了统计分析。

表2 不同处理冬小麦产量与水分利用率 (1992—1993年)

处 理	供水不足	适中供水	充分供水	传统灌溉	雨 养
小麦产量(kg/亩)	214	324	349	341	329
小麦生物量(kg/亩)	424	695	901	815	—
麦田耗水量(mm)	238	375	450	420	346
水分利用率(kg/亩·mm)	0.82	0.85	0.77	0.81	0.95
(1993—1994年)					
小麦产量(kg/亩)	198	346	369	339	—
小麦生物量(kg/亩)	399	702	928	742	—
麦田耗水量(mm)	214	342	430	356	—
水分利用率(kg/亩·mm)	0.93	1.01	0.85	0.95	—

2.2.1 生物产量与耗水量的关系

对生物产量与耗水量(表2)的统计分析结果表明,生物产量与耗水量之间呈直线相关,其方程为:

$$Y = -103.62 + 2.44E_t \quad (3)$$

式中:Y为生物产量(kg/亩); E_t 为耗水量(mm)。

二者之间相关系数 $r = 0.945^*$ ($n = 18$)达到显著水平。

2.2.2 冬小麦籽粒产量与耗水量的关系

对小麦籽粒产量与耗水量的统计分析表明,当 E_t (耗水量)值大于某一值时才会有经济产量形成,在产量水平较低时,随着 E_t 值的增大,产量(Y)近似线性上升,但当 E_t 值继续增大时,(Y)增加速度减慢,当达到本地区现阶段农业技术水平下的最高产量后,耗水量继续增加,小麦产量增加极少或甚至出现下降趋势,两者呈非线性关系。其方程为:

$$Y = -310.14 + 3.13E_t - 3.73 \times 10^{-3}E_t^2 \quad (4)$$

式中:Y为产量, E_t 为耗水量;相关系数(r)= 0.925^* ($n = 13$),达到显著水平。

对方程(4)求导, 可得到最高产量 $Y_m = 346.5\text{kg}/\text{亩}$, 对应的耗水量 $E_{tm} = 419.1\text{mm}$, 水分利用率 $WUE = 0.827\text{kg}/\text{亩} \cdot \text{mm}$.

从方程(3)和(4)可以看出, 过分供水, 虽使小麦生物产量直线上升, 但易发生茎叶生长过旺, 诱发病虫害, 从而使水分利用率下降。这是农田水分管理必须注意的问题。

试验结果(表 2)还表明, 过多供水使土壤水无效蒸发增大, 尽管生物量有所增加, 但籽粒产量增加不大, 因此在农田灌溉中, 把有限的水资源合理利用, 以取得较高产量和最佳的经济效益。

从方程(4)分析, 可以将本地区小麦产量与耗水量关系分为 3 个阶段:

(1)小麦产量迅速增长阶段。亩产量由 190kg 增至 300kg, 此时农田供水条件为产量的限制因素, 水分利用率达 $0.98\text{kg}/\text{亩} \cdot \text{mm}$, 为理想水平。

(2)小麦产量缓慢增长阶段。亩产量由 300kg 增至 346.5kg, 此阶段为小麦有效耗水, 但水分利用率有所下降, 若要提高水分利用率, 就必须在耕作措施上有所加强。

(3)产量回落阶段。至最高产量以后, 产量随着耗水量的增加而减小, 但不排除生物量增加的可能, 进入此阶段以后继续供水势必造成水资源浪费和水分利用率的降低。

参 考 文 献

- [1] 朱自玺, 冬小麦耗水量和耗水规律分析, 气象, 1987: 13(2).
- [2] 陈志雄, 封丘地区浅水位麦田两养条件下的水分平衡研究. 黄淮海平原区域治理技术体系研究文集, 北京科学出版社, 1987, 142—156.
- [3] 袁小良, 冬小麦产量与耗水量的关系. 作物与水分关系研究, 中国科技出版社, 1992, 10—17.
- [4] 程维新, 华北平原冬小麦耗水量初步研究. 农田蒸发研究, 北京, 中国科技出版社, 1992, 10—18.



(上接第 289 页)

染了环境。研究和推广实用的农业有机废弃物资源化利用技术, 将具有重要的经济和生态环境价值。

4.6 农业机械化配套技术

随着规模化经营的发展, 传统农业技术将日益不能适应形势的需要, 而各种与机械化配套的农业栽培与管理技术将日显重要, 有关方面的研究迫在眉睫。

参 考 文 献

- [1] 江苏省统计局, 江苏统计年鉴, 中国统计出版社, 1995.
- [2] 上海市统计局, 上海市统计年鉴, 中国统计出版社, 1995.
- [3] 浙江省统计局, 浙江统计年鉴, 中国统计出版社, 1995.