

宁南山区旱地胡麻生产力与水分利用特征

赵克学

(宁夏固原县科委·宁夏固原·756000)

陈国良 郭保安 穆兴民 徐学选

(中国科学院
水土保持研究所·陕西杨陵·712100)
水利部

摘要 通过1990~1992年三个年度对宁南旱地胡麻生产力与水分利用特征试验分析,结果表明:该区旱地胡麻生产旱作潜力为104kg左右,水分生产率最高为0.31kg/mm,耗水量280~320mm,耗水土层深度平均1.9m,最大2.8m,对土壤有效水的利用率为42.8%;在目前生产条件下,施肥量在0~15kg范围内,胡麻的产量随施肥量的增加而上升,在胡麻一生耗水中,生育期降雨占56%,土壤供水占44%,耗水层次基本上在2m土层以内,占总耗水的94.4%,从不同的阶段耗水看,前期(播种—纵形)占全生育期耗水14.9%,中期(纵形—终花)占58.3%,后期(终花—成熟)占26.8%,最大耗水强度出现在现蕾—终花,日耗水平均为4.74mm,从整个水分供需平衡看,中期水分亏缺严重,占该期需水量的68.4%。

关键词 胡麻 生产力 水分利用率

Study on Dryland Flax's Productivity and Its Characters of Water Use in Southern Ningxia Hilly Area

Zhao Kexue

(Guyuan county's committee of Science and Technologys. Guyuan. Ningxia 756000)

Chen Guoliang Guo Baoan Mu Xingmin Xu Xuexuan

(Institute of Soil and Water Conservation, the Chinese Academy of Sciences
and Ministry of Water Resources. Yangling. Shaanxi. 712100)

Abstract Through analysising three year's data of flax's productivity and its water use characters, the results show: The flax's yield could reach at 104kg/mu in normal rainstyle of year, and its WUE was 0.31kg/mm, evaporation and plant transpiration(ET) ranged 280~320mm. The mean depth of water consulmption was 1.9m, the highest was 2.8m, its soil water use efficiency was 42.8%. At present condition, by fertilized 0~15kg/mu, flax yield would be increased by added fertilizer. In flax's life, the rainwater account for 56% of total ET, soil water

by 44%, which 94.4% was from within 0~2m depth. The total ET consist of 14.9% in former stage, 58.3% in middle stage, 26.8% in later stage. The highest ET was in the filling stage which was 4.74mm/d. From water balance, the middle stage would be serious by water lack, the balance would be 68.4% of total ET.

Key words flax productivity water use efficiency(WUE)

胡麻是重要的油料作物之一,在我国油料作物栽培中仅次于油菜、花生、大豆,居第四位。宁南是宁夏油料的基地,它不但是食用油唯一来源,而且是农民经济收入的重要来源。其播种面积占作物播种面积的 14%以上。但一般 hm^2 产只有 $414.0\text{kg}^{[1]}$,属于胡麻的低产区。研究宁南山区旱地胡麻的生产力与水分利用特征,对于指导当地的胡麻生产具有现实的指导意义。

1 试验方法及条件

试验设在宁南山区的固原县,土壤为黑垆土,土壤有机质含量 $0.845\%\sim 1.12\%$ 。试验于 1990~1992 年进行,分三种土地类型(表 1),每种土地类型又分为不同的肥力处理(表 2),供试品种为宁亚 10 号,土壤水分测定用 503D 中子水分仪和经典打钻相结合的办法,测定深度为 2m,作物耗水量按: $ET = (W_H + R + e) - W_K + f + n^{[2]}$ 计算,式中 ET 为作物耗水量; W_H 为播种时土层贮水量; R 为生育期降水量; W_K 为收获时土层水分含量; f 为渗透 2m 以下水量, n 为径流量, e 为地下水补充量。试验区的 e 、 f 很小,因此可略去。

表 1 试验地土地类型及 0~20cm 土层养分含量^[3]

| 土地类型 | 土壤类型 | 坡地(°) | 有机质(%) | 全氮(%) | 速效氮(mg/kg) | 速效钾(mg/kg) | 速效磷(mg/kg) |
|------|------|-------|--------|--------|------------|------------|------------|
| 台地 | 黑垆土 | <5 | 1.05 | 0.0777 | 55 | 124 | 297 |
| 坪地 | 黑垆土 | 3~10 | 1.12 | 0.0769 | 38 | 109 | 294 |
| 坡耕地 | 湘黄土 | >5 | 1.43 | 0.0924 | 34 | 82 | 175 |

表 2 试验肥力处理

| 土地类型 | 施肥水平(kg/hm ² ,纯 N:P ₂ O ₅ =2:1) | | | | | |
|------|--|----|-----|-----|-----|--|
| 台地 | 0 | 75 | 150 | 225 | 300 | |
| 坪地 | 0 | 75 | 150 | 225 | 300 | |
| 坡耕地 | 0 | 75 | 150 | 225 | 300 | |

三年气候状况(表 3):1990 年降雨、气温属于正常年份,1991 年秋季雨水少,秋季严重干旱,但对当年胡麻生产影响不大。1992 年由于头年干旱,胡麻出苗极不整齐,后期由于降雨多,日照不足,气温低,胡麻成熟极不整齐,属于歉年。

表 3 试验年气候状况

| 年 | 降雨(mm) | | 日照(h) | | 气温(℃) | | 备 |
|------|--------|-------|-------|-------|-------|---------|------|
| 度 | 年 | 生育期 | 年 | 7~8 | 年平均 | 4~5 月平均 | 注 |
| 1990 | 475.9 | 179.2 | 2263 | 431 | 7.6 | 10.6 | 上黄试区 |
| 1991 | 259.7 | 146.5 | 2374 | 471 | 7.4 | 10.3 | 上黄试区 |
| 1992 | 484.7 | 447.3 | 2142 | 420 | 7.2 | 12.4 | 上黄试区 |
| 平均 | 406.8 | 257.7 | 2260 | 440.7 | 7.4 | 11.1 | |
| 多年平均 | 478.2 | 247.5 | 2.18 | 451 | 6.2 | 10.6 | 固原县 |
| 差值 | -71.4 | 10.2 | 258 | -10.3 | 1.2 | 0.5 | |

2 结果分析

2.1 胡麻的生产力及水分利用率

三年试验结果表明(表 4):在不同水肥条件下胡麻的最高籽粒产量每公顷 1 560kg,平均为 724kg,生物产量最高 4 350kg,平均 2 082kg,籽粒产量的变幅在 285—1 560kg,变异系数 34,水分利用率效平均 3.15kg/mm,变幅在 1.2~5.1kg/mm,而对土壤贮水及生育期降雨利用率为 42.8%,变幅为 27%~48%。

表 4 胡麻的生产力与水分利用率

| 生产力(kg/hm ²) | | 耗水量 (mm) | 水分利用效率 WUE (kg/mm·hm ²) | 对播前有效贮水及生育期降雨的利用率 (%) |
|--------------------------|-----------|--------------|--|--------------------------|
| 籽粒产量 | 生物产量 | | | |
| 均值 | 724.5 | 2082 | 270.4 | 42.8 |
| 变幅 | 1560 | 790.5—4849.5 | 209—340.7 | 27.0~48.0 |
| 变幅 | 19.0—96.0 | 510 | | |

2.2 不同土地类型胡麻的生产力及水分利用率

依据表 5,三种土地类型:台地平均 hm² 产 1132.5Kg,生物产量 3342.0kg,坪地平均亩产 672.0kg,生物产量 1788.0kg;坡耕地平均 hm² 产 372.0kg,生物产量 1116.0kg,三种土地类型胡麻的产量差异显著,台地较坪地和坡耕地分别增产 68.1%和 203.6%,从水分利用情况看,台地较坪地高,坪地较坡耕地高,台地较坡耕地高 0.13kg/mm。土地条件好,水分利用率高。

2.3 不同肥力条件下胡麻的生产力及水分利用率 三年不同的肥力处理与产量关系(表 6)。结果表明,在 0~10kg 施肥水平下胡麻的增产作用显著,肥力与产量呈抛物线上升趋势,hm² 施 150kg 比不施肥增产 242.6%,在 150~225kg 施肥水平下,虽然有一定的增产,但产量的差异不显著。其增产率在 7.8%~12.9%,当施肥量达到 225kg,产量最高;施肥量在 225~300kg,随着施肥量增加,产量呈下降趋势。从不同的肥力处理看耗水(表 6),随着施肥量的增加,其耗水量相应的增加,其水分利用效率以 225kg 施肥水平最高,为 4.65kg/hm²,说明施肥能显著提高胡麻对水分的利用能力和生产力。

表 5 不同的土地类型胡麻的生产力与水分利用率

| 土地 | 生产力 | | | 耗水量 ET (mm) | 水分利用效率 WUE (kg/mm) |
|-----|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------|-------------------|--------------------------|
| | 籽粒 产量 (kg/hm ²) | 生物 产量 (kg/hm ²) | 增产增产 率 (%) | | |
| 台地 | 1132.5 | 3342 | 68.1 | 312.9 | 3.60 |
| 坪地 | 672 | 1788 | 203.6 | 268.9 | 2.55 |
| 坡耕地 | 372 | 1116 | | | 230.0 |

2.4 胡麻的耗水量及水分组成

旱地胡麻的水分来源主要依赖天然降水,其耗水量的大小主要决定于生育期降雨和胡麻对播前土壤贮水利用能力,胡麻虽然一般视为抗旱作物,但就一生其耗水量也相当大,三年的试验结果表明(表 7),胡麻一生耗水量平均为 279.1mm,三种土地的排列:台地>坪地>坡耕地,而同一种土地类型其耗水量大小:高肥>中肥>低肥。

在胡麻耗水组成中,依据表 8,生育期降雨占总耗水 44%,土壤供水占 56.0%,不同年份其耗水量比较稳定,主要是根系深能利用深层贮水,这是胡麻对干旱适应能力较强的主要原因。

表 6 台地胡麻不同的肥力条件下的生产力与水分利用率

| | | | | | |
|---------------------------------|--------|--------|--------|-------|-------|
| 施肥水平(kg/hm ²) | 300 | 225 | 150 | 75 | 0 |
| 籽粒产量(kg/hm ²) | 1258.5 | 1560 | 1387.5 | 900 | 405 |
| 生物产量(kg/hm ²) | 4177.5 | 4342.5 | 4237.5 | 2964 | 1614 |
| 耗水量 ET(mm) | 359.8 | 341.7 | 336.8 | 295.0 | 276.0 |
| 用效率 WUE(kg/mm·hm ²) | 2.45 | 4.65 | 4.20 | 3.15 | 1.5 |

表 7 各种土地类型不同施肥条件下耗水量 mm

| | | | | | | |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 肥量纯 N+P ₂ O ₅ kg/hm ² | 300 | 225 | 150 | 75 | 0 | 平均 |
| 台地 | 359.8 | 341.7 | 336.8 | 295.0 | 287.3 | 324.1 |
| 坪地 | 290.8 | 287.2 | 280.0 | 258.4 | 250.1 | 273.3 |
| 坡耕地 | 248.1 | 240.5 | 237.0 | 220.0 | 205.0 | 230.1 |
| 平均 | 299.6 | 289.6 | 284.6 | 257.7 | 247.5 | 275.0 |

表 8 不同年份胡麻的耗水量及水分组成

| | | | | | | |
|--------|---------------------|------------------------|----------------------|---------------------------------|------------------------------|-------------------|
| 年 份 | 耗 水 量 (mm) | 生 育 期 雨 降 雨 (mm) | 土 壤 水 供 水 (mm) | 生 降 总 育 雨 耗 期 占 水 (mm) | 土 壤 供 水 占 总 耗 水 (%) | 耗 水 深 度 (m) |
| 1990 | 283.1 | 172.9 | 110.4 | 62.3 | 37.7 | 2.0 |
| 1991 | 275.0 | 143.5 | 131.5 | 49.7 | 50.3 | 1.7 |
| 平均 | 279.0 | 158.2 | 121.0 | 56 | 44 | 1.9 |

2.5 胡麻的耗水深度及不同土体层次耗水量

就一般作物而言,耗水深度可视为根系的下扎深度。三年的试验表明,不同土地类型旱地胡麻平均耗水深度为 1.9m,但不同的土地类型,胡麻耗水深度差异较大,台坪地为 2.8m,坡耕地为 1.3m。

胡麻生育期间,在土壤供水(见表 9)0~2m 供水占 94.4%,其中 0~1m 为 63.7%,1~2m 为 30.7%。而春小麦总耗水中,降水占 66%,土壤供水占 34%;土壤供水中,0~1m 占 84%(98mm),1~2m 占 16%(19mm)。说明胡麻利用深层水分的能力强于春麦。

表 9 不同层次土层耗水比较

| | | | | |
|----------|-------|-------|------|-------|
| 深度(m) | 0~3 | 0~2 | 0~1 | 0~0.5 |
| 土体供水(mm) | 121.1 | 114.3 | 77.1 | 47.9 |
| 比例(%) | 100 | 94.4 | 63.7 | 39.5 |

2.6 胡麻水分供需平衡与生育时段耗水特征

2.6.1 胡麻水分供需平衡 据研究胡麻一生需水量 344.5mm^[4]。就本地区而言,胡麻生育期降雨量 242.6mm,只能达到需水量的 70.4%,其余近 100mm 水全靠上一年的贮水由土壤供给,根据三年的试验结果,胡麻全生育期耗水 270.4mm,只能达到需水量的 78.4%,全生育期亏缺 74.3mm,从各个时段耗水量看(表 10),前期水分充足,供需有盈;中期水分亏缺较为严重,供需矛盾突出,亏缺 72.7mm,后期供需基本保持平衡。所以前期和后期水分充足有利于保苗和正常的灌浆,而中期正值胡麻花芽分化与籽粒形成,是胡麻需水关键时期,所以这一时期水分供需矛盾突出,是该区胡麻产量不高的原因之一。

2.6.2 胡麻生育阶段耗水特征 从表 11 可以看出,胡麻从播种到出苗耗水量 14.8mm,占总耗水 5.3%,平均日耗水 1.10mm,这一时段主要是发芽、出苗,所以需水量少,其耗水主要是棵间蒸发,一般年份出苗水分足以保证,出苗到纵形,胡麻处于缓慢生长阶段,耗水量 25.6mm,占总耗水 92%,日耗水 1.46mm,据测定(见表 12)纵形结束后,株高只有 13cm,日增长 0.42cm,土壤水分处于盈余状态。

表 10 旱地胡麻各生育时段水分供需状况

| 项 目 | | 前 期 | 中 期 | 后 期 | 全生育期 |
|-----|-----------|---------|---------|---------|---------|
| | | (播种—纵形) | (现蕾—终花) | (终花—成熟) | (播种—成熟) |
| 需水量 | (mm) | 13.78 | 230.3 | 100.4 | 344.5 |
| | (%) | 3.96 | 66.8 | 28.7 | 100.0 |
| 供水量 | 生育期降雨(mm) | 50.5 | 73.8 | 33.9 | 158.2 |
| | 土壤供水(mm) | —10.1 | 83.8 | 47.3 | 121.1 |
| | 实际 (mm) | 40.4 | 157.6 | 72.3 | 270.4 |
| | 耗 (%) | 14.9 | 58.3 | 26.8 | 100 |
| | 盈(+)缺(-) | +26.6 | -72.7 | -28.0 | -74.3 |

表 11 不同生育时段耗水量

| 项 目 | 播种—— 出苗 | 出苗—— 苗纵 | 纵形—— 现蕾 | 现蕾—— 终花 | 终花—— 成熟 | 全生育期 播种——成熟 |
|--------------|------------|------------|------------|------------|------------|----------------|
| 阶段降水(mm) | 18.7 | 31.8 | 42.0 | 31.8 | 33.9 | 158.2 |
| 土壤供水(mm) | -3.9 | -6.2 | 20.7 | 63.1 | 38.5 | 112.3 |
| 作物实际耗水(mm) | 14.8 | 25.6 | 62.7 | 94.9 | 72.4 | 270.4 |
| 阶段耗水比例(%) | 5.3 | 9.2 | 22.5 | 34.0 | 26.8 | 100 |
| 平均日耗水(mm/日) | 1.10 | 1.46 | 2.32 | 4.74 | 2.69 | 2.57 |
| 阶段需水量(mm)[5] | 3.24 | 10.54 | 92.1 | 138.2 | 100.4 | 344.5 |
| 供需状况 | | | | | | |
| 盈(+)缺(-) | +11.5 | +15.1 | -29.4 | -43.8 | -28.0 | -74.1 |

胡麻纵形到现蕾,茎叶增长、鲜干物质积累明显上升,作物耗水逐日增加,耗水量 62.7mm,占总耗水 22.2%,日耗水 2.32mm,尤其在分茎到现蕾 8 天内,茎伸长最快,平均日增长 2.99cm,鲜重达到 69.9g,干物质积累为 14.1mm,贮水已经不能满足胡麻对水分的需要,这一时段水分亏缺 29.4mm。

表 12 胡麻生育期主要性状变化(测定 40 株)

| 生育时数 | 蕾形结束 | 分 茎 | 现 蕾 | 开 花 | 绿 熟 | 成 熟 |
|-----------|------|------|------|------|-------|------|
| 测定日期(日/月) | 7/6 | 11/6 | 19/6 | 24/6 | 12/7 | 2/8 |
| 株 高 (cm) | 13.0 | 26.4 | 50.3 | 55.4 | 53.1 | 54.0 |
| 鲜 重 (g) | 44.1 | 60.1 | 69.9 | 89.0 | 106.4 | / |
| 干 重 (g) | 8.3 | 13.0 | 14.1 | 20.0 | 25.3 | / |

从现蕾到终花是胡麻一生最旺盛的时期,茎的伸长达达到最大,鲜重急剧上升,胡麻耗水量最大为 94.9mm, 占总耗水 33.6%,日耗水 4.74mm,水分亏缺 43.3mm,开花期 40 株鲜重 89.0g,茎伸长高度 55.4cm,日伸长 1.02cm,开花以后生长速度减慢。

终花到成熟是种子发育和油分积累时期,持续时间长,胡麻耗水量明显减少,耗水为 81.2mm,日耗水 2.69mm,占总耗水量 28.6%,水分供需矛盾基本平衡,该期如果降雨多,日照不足,就会造成籽粒灌浆不好,严重的影响产量和油分积累。

3 小 结

(1) 宁南旱地胡麻在旱年和平年生产力最高为 hm² 产 1 560kg,平均 724.5kg,水分利用率最高 4.65kg/(mm·hm²),平均为 2.55kg/mm·hm²,对播前有效贮水和生育期降雨的利用率为 42.8%,对土壤深层贮水利用能力优于春麦。不同土地类型下的胡麻生产力及水分利用率:台地为 75.3kg 和 3.60kg/(mm·hm²);坪地为 44.8kg 和 2.55kg/mm·hm²;坡耕地为 24.8kg 和 1.65kg/mm·²。

(下转第 98 页)

春小麦的化肥施用量,以每公顷 N 和 P_2O_5 180~225kg 为最高施肥量,氮、磷配合比例以 6:9 或 3:9 为宜,随地力水平提高,氮、磷配合比例可适当调整,增加氮肥施用量。

有机肥的主要作用,除了可供作物必要的较全面的营养物质外,它还可以改良土壤结构,尤其可以提高土壤的保水性能,增强作物抗旱能力,提高春小麦的水分利用效率。因此,可以广泛的开辟肥源或实行秸秆还田,以增加土壤有机质含量。

深耕是蓄水的有效措施,可以接纳较多的降水保蓄在土壤深层,但如果不与保墒技术结合,虽然蒸发损失较慢,仍会在漫长的休闲期被蒸发损失,对春小麦增产无益。同时必须与适当较多的施肥量配合,才会获得显著增产。配合化肥量以每公顷氮和 P_2O_5 6:6 或 6:9kg 为宜。

抑制土面蒸发是进一步提高产量的必须措施,只有在作物休闲期和生长期实行全部覆盖才能最大限度地保蓄降水。据试验,在麦收后(8月8日)立即用麦秸秆覆盖地面(不耕地)到秋末(10月24日)测定,秸秆覆盖可保蓄同期降水量 76%。在作物生长期覆盖以春小麦三叶期以后行间覆盖较好。秸秆覆盖虽有一定的蓄水保水效果,但影响土温回升,保水效果较差。成本低廉蓄水保水效果好的覆盖材料,有待进一步研究。

(上接第 80 页)

(2) 肥力能显著提高旱地胡麻生产力,在目前生产条件下, hm^2 施 225kg (纯 N : P_2O_5 = 2 : 1) 胡麻产量最高,施肥水平在 0~150kg 范围内,随着施肥量的增加,胡麻的增产作用显著。150~225kg 增产作用减缓。

(3) 宁南地胡麻生育期耗水量为 279.1mm,其中降雨占 56%,土壤供水占 44%。宁南旱地胡麻耗水量目前仅达到需水量的 78.4%,生育期水分亏缺 74.3mm。播种—纵形水分盈余 26.6mm,现蕾—终花亏缺 72.7mm,终花—成熟亏缺 28mm。现蕾—终花水分严重亏缺是造成本地区胡麻产量低下的主要原因之一。胡麻生育时段平均日耗水 2.57mm,最大耗水强度出现在现蕾—终花,日耗水 4.74mm。

参考文献

- 1 中国科学院黄土高原综合考察队农林牧课题组编:黄土高原地区 287 县(市、旗)基本情况数据集(1985 年), 1988
- 2 穆兴民等·黄土区旱地春小麦农田水分生态特征与改善途径。中科院、水利部西北水土保持研究所集刊, 1990,(3),55~56
- 3 贾恒义等。上黄试区土地类型的土壤组合与不同利用方式的土壤养分变化。中科院、水利部西北水土保持研究所集刊,1990,(3),P66。
- 4 天津市南郊区西泥沽公社农科站、天津市南郊区科学技术委员会。怎样种胡麻。天津科学技术出版社,1981, 35