

土壤水肥交互作用与玉米的响应*

宋耀选 肖洪浪

冯金朝

(中国科学院兰州环境与工程研究所 兰州 730000) (中央民族大学生物化学系 北京 100081)

摘要 对豫北地区玉米水肥交互作用试验进行分析,结果表明,玉米生长最快时期为拔节~抽穗期。养分与玉米的高度及生物量间有较为复杂水肥协同效应,影响了玉米生物量的构成。玉米产量、耗水量同水肥供应量之间存在非线性二次关系,由玉米产量同耗水量的二次关系获得最高产量、最高水分利用效率条件下的玉米耗水量。

关键词 玉米 水分利用效率 耗水量

Corn responds to interaction between soil moisture and fertilizer. SONG Yao-Xuan, XIAO Hong-Lang (Institute of Environmental and Engineering, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000), FENG Jin-Chao (Department of Biochemistry, Chinese Central University of Nationalities, Beijing 100081), *CJEA*, 2001, 9(1): 23~24

Abstract The corn experiments of different soil moistures and nutrients in the north of Henan Province showed the fast growth period of corn is between shooting period and heading period, and the interaction between corn height or biomass and soil nutrient is complicated. The constitution of corn biomass is affected by soil moisture and nutrient. Relation between corn yield or water consumption of corn and water and fertilizer supply is quadratic curve. From the relation, the water consumption under the highest yield and most efficient water use conditions was got.

Key words Corn, Water use efficiency, Water consumption

我国水资源匮乏,农业用水浪费严重,农田水分利用效率不及发达国家的1/2。适宜的水分可促进肥料吸收利用,提高肥料利用效率,而合理施肥可调节水分利用过程,提高水分利用效率,本项试验研究了土壤水肥的交互作用,为提高农田水肥利用效率和合理制定灌溉、施肥制度提供理论依据。

1 试验材料与方法

试验在水利部农田灌溉研究所测坑试验场进行,由24个面积为7.6m²、深2m的试验测坑和移动式遮雨顶棚组成,其中12个测坑内设有中子水分仪测管。土壤为沙壤土,供试玉米品种为“C14”。播种前每坑灌足底水,适时播种。N肥的70%及全部P肥作底肥1次施入,其余N肥在拔节期随灌水追施。试验采用3因素二次正交旋转组合设计方案,每个因素设5个水平(见表1)。用土钻法或中子仪法分别测定10cm土层、20cm土层、40cm土层、60cm土层、80cm土层、100cm土层、125cm土层、150cm土层和175cm土层土壤含水量,从玉米播种到收获期每7d测定1次,在灌溉前后加测1次。用常规方法测定作物生长高度、生物量及籽粒产量。

表1 土壤水分与养分试验处理水平

项目 Items	处理水平 Levels				
	-7	-1	0	1	7
灌溉量(W)/m ³ ·hm ⁻² ·次 ⁻¹ Irrigation norm	300.0	450.0	675.0	900.0	1050.0
N肥(N)/kg·hm ⁻² Nitrogenous fertilizer	75.0	136.5	225.0	313.5	375.0
P肥(P)/kg·hm ⁻² Phosphorus fertilizer	45.3	68.4	102.5	136.5	159.8

2 结果与分析

2.1 水肥条件对玉米生长及产量的影响

试验结果表明,土壤水分对玉米生长有重要的影响,正常水分供应条件下(W₀),玉米生长最快时期为播种后第45~75d(约在7月上旬~8月上旬拔节~抽穗期);土壤水分很低时(W₋₇)不仅影响玉米生长高度,且使玉米提前停止生长,生育期缩短;而灌水过多,玉米生育期有延长现象(见图1)。不同养分条件下玉米生长高度及生物量试验表明(见表2),养分对玉米的高度及生物量的影响存在较为复杂水肥协同效应,且影响

* 国家自然科学基金重大项目(49890330)、“九五”中国科学院重点项目(KZ952-S1-218)和特别支持项目(KZ95T-04-01)与重大项目(KZ951-A1-301)及国家科技攻关项目(96-006-02-03)共同资助

收稿日期:2000-07-18 改回日期:2000-08-10

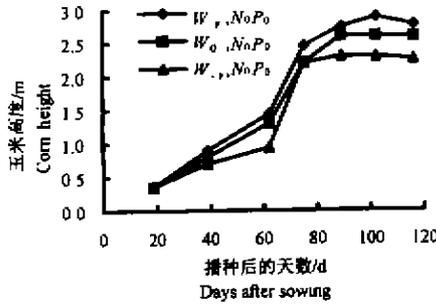


图1 不同水分条件下玉米生长高度
Fig.1 The corn height under different soil moistures

玉米产量的影响相对较明显,玉米产量随N肥施用量的增加而增加,其中较适宜的N肥施用量为N₁水平。对1998年测坑正交旋转试验结果分析发现,玉米产量(Y)与供水量、施肥量之间存在明显的非线性关系,其方程式为:

$$Y = 4758.9 + 1269.3w + 395.8n - 189.4p + 9.25wn + 157.28wp - 203.54np - 149.88w^2 - 114.14n^2 + 1219.93p^2 \quad (1)$$

表3 不同水分、养分条件下玉米产量的变化
Tab.3 The corn yield changes under different soil moistures and nutrients

水分处理 Water levels	养分处理 Fertilizer levels	产量/kg·hm ⁻² Yield	平均产量/kg·hm ⁻² Average yield
W ₇	N ₀	8568	8568
	N ₋₁	7331	
W ₁	N ₁	8455	8093
	N ₋₇	6688	
W ₀	N ₀	8225	7731
	N ₇	8283	
W ₋₁	N ₋₁	6569	7617
	N ₁	8664	
W ₋₇	N ₀	7521	7521

式中,Y为产量,w、n、p分别为无量纲化后的灌水量、施N肥量及施P肥量。由(1)式的多项式系数可知,灌水量、N肥施用量对玉米的产量贡献最大,特别是水、N肥,水、P肥之间存在着非常强的交互作用;P肥存在很强的二次自身交互作用,而一次作用及同其他因子的交互作用不太明显,这可能是由于P肥施用量偏少所致,这尚需今后进一步深入研究。

表2 不同养分条件下玉米生长高度及生物量
Tab.2 The height and biomass of corn growth under different soil nutrients

水分处理 Water levels	养分处理 Fertilizer levels	高度/m Height	生物鲜质量/g·株 ⁻¹ Fresh biomass			合计 Total
			叶 Leaves	秆 Stems	穗 Spike	
W ₀	N ₋₇	2.47	120	340	350	810
	N ₀	2.84	130	400	370	900
	N ₇	2.90	190	450	380	1020
W ₁	N ₋₁	2.86	140	370	300	810
	N ₁	3.30	170	480	380	1030
W ₋₁	N ₋₁	2.80	140	290	360	790
	N ₁	2.84	100	300	340	740

2.2 水肥条件与玉米耗水量
相同施肥量(N₁P₀)条件下2种不同水分处理(W₋₁,W₁)玉米各生育期的蒸散耗水变化见图2。结果表明,玉米主要耗水阶段在拔节期和开花灌浆期;2种水分处理玉米蒸散耗水规律基本相同,主要差异表现在耗水量和耗水速率不同。对正交旋转试验结果分析发现,玉米耗水量与供水量、施肥量之间存在明显的非线性关系,对灌水量(w)、施N肥量(n)及施P肥量(p)进行无量纲处理后进行二次多项式拟合,其方程为:

$$ET = 250.62 + 50.13w + 10.71n + 4.23p + 0.19wn + 1.91wp - 4.81np - 1.97w^2 - 5.36n^2 - 9.98p^2 \quad (2)$$

式中,ET为玉米耗水量(mm)。由式(2)可知,灌水量、N肥与P肥施用量对玉米耗水量一次项贡献大小排序为w>n>p,过多提高灌水量势必导致玉米耗水量的增加,二次交互作用中的顺序为N、P肥作用大于水、P肥作用大于水、N肥作用,且N、P肥的系数为负,这表明合理施肥可降低玉米耗水量。

图2 不同水分处理玉米蒸散耗水变化
Fig.2 Water consumption of corn evapotranspiration under different water treatments

2.3 玉米耗水量与产量、水分利用效率的关系
由多年玉米试验结果分析可知,玉米产量与耗水量呈明显的非线性关系,经最小二乘法拟合得出回归方程:

$$Y = -0.0795ET^2 + 68.7945ET - 5332.5 \quad (3)$$

对式(3)求导得出最大产量(Y_{max}=9547.5kg/hm²)下的玉米耗水量ET_{m1}=432.7mm。水分利用效率(WUE)与耗水量的关系为:

$$WUE = -0.0795ET + 68.7945 - 5332.5ET^{-1} \quad (4)$$

对式(4)求导得出最大水分利用效率(WUE_{max}=1.841)下的玉米耗水量ET_{m2}=258.99mm。

参 考 文 献

1 赵家义,程维新,谢贵群等.夏玉米耗水量试验研究.作物与水分关系研究.北京:中国科学技术出版社,1992
2 张淑敏,肖俊夫.夏玉米耗水量及其耗水规律研究.黄淮海平原玉米高产文集.西安:天则出版社,1990