

土壤水分对氮肥肥效影响的试验

李象山 张廷珠 王方云 张衍华

(山东省泰安农业气象试验站,泰安 271000)

提 要

针对当前高产麦田中氮肥用量过大,浇水次数过多,严重影响小麦产量问题进行了试验。分析了不同肥、水条件对产量的影响,建立了数学模式。并根据投入、产出综合评判,得出不同产量水平下的经济最佳氮肥施用量和浇水次数。对提高小麦肥、水利用率有较高的实用价值。

关键词:土壤水分;氮肥肥效;最佳施用量;肥、水利用率。

1 引 言

据有关资料,1965—1982年化肥用量平均年增12.8%,同期粮食总产量平均年增3.6%。盲目施肥是造成这种增长不同步的原因之一。过量的氮肥造成作物倒伏或贪青晚熟,降低产量,浪费严重,并造成了环境污染。因此,研究合理施用化肥的综合技术,其中包括天气气候条件对肥效的影响,使化肥充分发挥效益是十分必要的。我们针对上述问题进行了两年的田间试验,根据氮肥对不同水分处理的反应和水分对不同氮肥用量的反应,以及肥、水经济效益的综合评判,给出了不同土壤水分和产量水平的最佳氮肥施用量及其优化灌溉方案。

2 试验条件和方法

试验场地在山东农业大学农田水分试验场内。土壤为中壤土,播前测定土壤肥力、碱解氮60.6ppm、速效磷71.2ppm,速效钾51.5ppm。

(1) 小区试验

利用活动防雨棚和15个水泥池,每个水泥池长3m、宽2m、深1.5m。播前施适量的有机肥和磷钾肥。第一组5个池分别施氮肥(尿素)10kg/亩、20kg/亩、30kg/亩、40kg/亩和50kg/亩,对照不施氮肥。试验期间(3月21日小麦返青—成熟)土壤水分(土壤相对湿度,

下同)保持在30%—50%;第二和第三组的5个池氮肥处理同第一组,土壤水分分别保持在50%—70%和70%—90%。未进入试验期以前,全部水泥池均模拟一般年份墒情。

(2)盆栽模拟试验

每盆装风干土15kg,基本苗32株。肥料按50kg/亩氮肥处理,其它同小区试验。土壤水分分30%—50%、50%—70%、70%—90%三个等级,重复三次,共54盆,放在自然条件的网室内。

(3)观测项目

每旬测定水泥池内土壤水分,计算所需水量。采用人工灌溉方法供水,灌水量用水表测定,阴雨天用活动防雨棚遮去自然降水。盆栽试验用称重法补足所需水分。作物观测根据农业气象观测规范进行。

3 不同肥、水条件对小麦的影响

(1)单株叶面积、植株高度、生物学产量和经济产量与土壤水分的关系用对数函数,即 $y=a+b\ln x$ 表示,相关均达到了极显著水平。生物学产量和经济产量与土壤水分的回归方程系数(a, b)、标准差(s)及显著性检验见表1。

表1 小麦生物学产量、经济产量与土壤水分的回归方程系数和 R, s

| | 氮肥用量 (kg/亩) | a | b | R | s |
|-------|----------------|----------|----------|--------|-------|
| 生物学产量 | 0 | -1772.86 | 594.9053 | 0.9952 | 13.14 |
| | 10 | -2147.17 | 706.9423 | 0.9997 | 3.62 |
| | 20 | -1767.90 | 606.8201 | 0.9999 | 0.06 |
| | 30 | -2026.24 | 667.2603 | 0.9998 | 3.24 |
| | 40 | -1951.39 | 644.0069 | 0.9972 | 10.78 |
| | 50 | -2125.23 | 681.1516 | 0.9977 | 10.28 |
| 经济产量 | 0 | -734.63 | 260.11 | 0.9998 | 1.47 |
| | 10 | -1071.46 | 353.78 | 0.9995 | 2.61 |
| | 20 | -903.16 | 307.54 | 0.9965 | 5.77 |
| | 30 | -958.63 | 319.38 | 0.9989 | 3.34 |
| | 40 | -966.16 | 320.90 | 0.9994 | 2.46 |
| | 50 | -1089.75 | 345.43 | 0.9996 | 2.20 |

注: $N=5, R_{0.001}=0.9912$ 。

(2)氮肥用量与叶面积、植株高度、生物学产量和经济产量的关系,皆可用抛物线方程 $y=a+bx+cx^2$ 表示,经 F 检验,达到了显著与极显著水平。对该方程求导,并令 $y'=0$,可得到叶面积、植株高度、生物学产量和经济产量达到最大值时的施肥量。将该施肥量代入方程,可得到最大叶面积,最高植株高度,最高生物学产量和最高经济产量。抛物线关系表明,当施肥量达到某一值时,再增加施肥量会导致减产。特别是在干旱的情况下更明显。例如:土壤水分为30%—50%,叶面积等生物量出现最大值时所需要的氮肥量为10.3—14.8kg/亩;土壤水分50%—70%,需氮肥量16.6—28.3kg/亩;土壤水分为70%—90%,需氮肥量19.9—28.8kg/亩。只有在土壤含水量较高的条件下,才能较好地发挥氮肥肥

效,达到提高氮肥利用率的目的。

(3)叶面积等生物量(y)受氮肥(z)和土壤水分(x)的共同影响,肥、水的效应不是一条曲线,而呈空间曲面,可用下式表达:

①叶面积肥、水效应方程

$$y = -137.0258 + 6.4768x - 0.0406x^2 + 0.8328z - 0.0257z^2 - 0.0027xz \quad (1)$$

②植株高度肥、水效应方程

$$y = -4.4355 + 1.2380x - 0.0078x^2 + 0.2898z - 0.0070z^2 + 0.0013xz \quad (2)$$

③生物学产量肥、水效应方程

$$y = -1228.9284 + 51.5570x - 0.3240x^2 + 3.9663z - 0.0936z^2 + 0.0070xz \quad (3)$$

④经济产量肥、水效应方程

$$y = -568.5216 + 24.5750x - 0.1543x^2 + 2.1175z - 0.0544z^2 + 0.0046xz \quad (4)$$

方程(1)–(4)的复相关系数 R 分别为 0.919、0.9088、0.9575、0.9581,均达到极显著水平(样本数 $N=30$, $R_{\alpha.01}=0.5830$)。

图 1—3 分别表示植株高度、生物学产量、经济产量的肥、水效应曲面。由图可见,

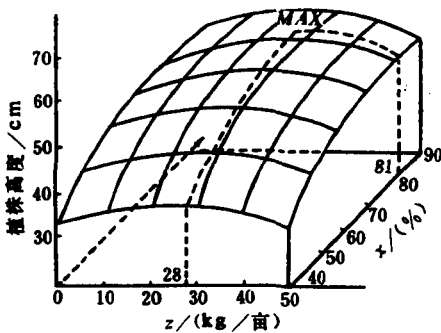


图 1 植株高度肥、水效应曲面

当土壤水分定为定值时,叶面积等生物量随氮肥量的增加而呈抛物线变化;而当氮肥量为定值时,又随土壤水分的增加而呈抛物线变化。二者构成的曲面峰顶(MAX)即为最适土壤水分与施肥量条件下的叶面积等生物量的最大(高)值。

求以上四个肥、水效应曲面方程的一阶偏导数,并令其等于 0,得方程 $\frac{\partial y}{\partial x} = 0$, $\frac{\partial y}{\partial z} = 0$,求解该方程得出:土壤水分在 78%—81%

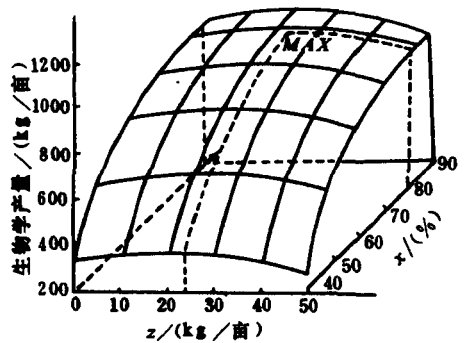


图 2 生物学产量肥、水效应曲面

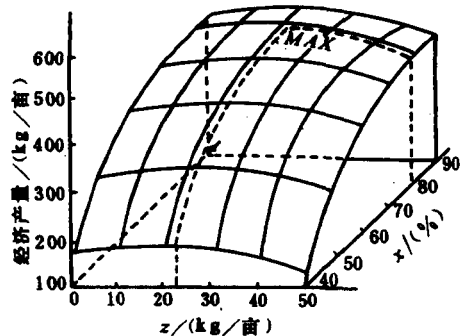


图 3 经济产量肥、水效应曲面

范围内,施氮肥 12kg/亩和 28kg/亩,叶面积和植株高度分别达最大(高)值;施氮肥 24.1kg/亩和 22.8kg/亩,生物学产量和经济产量分别达最高值。

4 不同肥、水组合经济效益的综合评判

(1) 评判因素

评价某一肥水、组合,不能仅考虑籽粒产量的高低,而要根据投入、产出进行综合评价。我们取四个评判因子:①籽粒产量,取每亩实产,按 1.2 元/kg 计;②秸秆产量,取每亩实产,按 0.1 元/kg 计;③氮肥(尿素),按 1 元/kg 计;④灌溉费用,按 0.2 元/方计。

(2) 单因素评判矩阵

用四个因子的实际值,按各种肥、水处理列表,取各行的最大值为 1,而求其它处理的比值,可得单因素评判矩阵 $M_{4 \times 18}$ (表 2)。

(3) 权重矩阵

各评判因子在经济评判中所起的作用,取决于自身的经济价值和强调程度。籽粒产量和秸秆取本试验中最高值进行计算;氮肥和灌溉费用亦取最大量进行计算,权重为负值。权重矩阵为 $N_{1 \times 4}$ 。

| 籽粒 | 秸秆 | 氮肥 | 灌溉费用 |
|-------------------------------------|--------------------|------------------|-----------------------|
| $N_{1 \times 4} = 474.3 \times 1.2$ | 470.1×0.1 | $50 \times (-1)$ | $224.2 \times (-0.2)$ |
| $= (1.0917$ | 0.0902 | -0.0959 | $-0.0860)$ |

(4) 综合评判

将权重矩阵 $N_{1 \times 4}$ 与单因素评判矩阵 $M_{4 \times 18}$ 相乘,可得综合评判值 $S_{1 \times 18}$ 和评判结果(名次)(表 2)。

在土壤水分为 30%—50%、50%—70%和 70%—90%的条件下,试验期内六个不同氮肥处理平均需水量分别为 104.3 方/亩,156.7 方/亩和 213.2 方/亩。减去历年同期平均降水量 52.8 方/亩,得到多年平均灌溉量为 51.5 方/亩,103.9 方/亩和 160.4 方/亩。可见正常年景,浇一水(50 方/亩)、二水和三水,土壤水分可分别维持在 30%—50%、50%—70%和 70%—90%,平均亩产可达到 210kg,350kg 和 430kg。

土壤水分为 30%—50%,即一般年份只浇一水,不施氮肥,可得利润 271 元/亩;氮肥用量 50kg/亩,利润仅 169 元/亩,即每增施氮肥 1kg/亩,利润减少 2.04 元/亩。

土壤水分为 50%—70%,即一般年份浇两水,氮肥用量 10kg/亩得利润 461 元/亩。与对照相比,1kg 氮肥增加利润 6.40 元/亩。氮肥用量 50kg/亩,利润为 354 元/亩,即氮肥用量超过 10kg/亩时,每增施氮肥 1kg/亩,利润减少 2.68 元/亩。

土壤水分为 70%—90%,即浇三水,氮肥用量 10kg/亩,利润 563 元/亩,经济效益最高。与对照相比,每亩增施氮肥 1kg,增加利润 7.40 元。氮肥用量增至 50kg/亩时,利润为 453 元/亩,即氮肥用量超过 10kg/亩,每增施氮肥 1kg/亩,利润减少 2.75 元/亩。

表 2 不同肥、水组合的单因素评判矩阵和评判结果

| 土壤水分(%) | 30—50 | | | | | 50—70 | | | | | 70—90 | | | | | | | | |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | |
| 氮肥用量 (kg/亩) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| $M_{4 \times 18} =$ | 籽粒产量 | 0.48 | 0.49 | 0.47 | 0.46 | 0.45 | 0.39 | 0.70 | 0.82 | 0.79 | 0.76 | 0.75 | 0.70 | 0.86 | 1 | 0.92 | 0.92 | 0.89 | |
| | 秸秆产量 | 0.46 | 0.48 | 0.53 | 0.46 | 0.42 | 0.41 | 0.66 | 0.80 | 0.75 | 0.77 | 0.77 | 0.77 | 0.96 | 1 | 0.82 | 0.97 | 0.89 | |
| | 氮肥用量 | 0 | 0.2 | 0.4 | 0.6 | 0.8 | 1 | 0 | 0.2 | 0.4 | 0.6 | 0.8 | 1 | 0 | 0.2 | 0.4 | 0.6 | 0.8 | 1 |
| | 需水量 | 0.51 | 0.47 | 0.46 | 0.47 | 0.45 | 0.44 | 0.70 | 0.71 | 0.66 | 0.65 | 0.74 | 0.74 | 1 | 0.96 | 0.92 | 0.97 | 0.89 | 0.96 |
| $S_{1 \times 18} =$ | 0.521 | 0.518 | 0.487 | 0.442 | 0.419 | 0.324 | 0.762 | 0.884 | 0.831 | 0.786 | 0.752 | 0.679 | 0.937 | 1.080 | 0.956 | 0.949 | 0.930 | 0.869 | |
| 评判结果(名次) | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 10 | 6 | 8 | 9 | 11 | 12 | 4 | 1 | 2 | 3 | 5 | 7 | |
| 利润(元/亩) | 271 | 270 | 254 | 230 | 218 | 169 | 397 | 461 | 433 | 410 | 392 | 354 | 489 | 563 | 518 | 494 | 485 | 453 | |

5 小 结

用抛物线方程和肥水效应曲面方程计算的叶面积等生物量达最大(高)值时的施肥量,不是经济最佳施肥量,必须根据投入、产出进行综合评价。本试验地段土壤基础肥力略偏高,正常年份只浇一水,以不施氮肥经济效益最高;浇二水和三水,氮肥用量 10kg/亩经济效益最高。因此,以 10kg/亩为经济最佳氮肥施用量,超过此界限产量和利润下降。

依据试验结果可知,施肥和浇水均应有限度。水是限制肥效发挥的重要因子,应从本地土壤基础肥力和水资源条件出发,确定经济最佳氮肥施用量,以免造成浪费。

参 考 文 献

- 1 李仁岗. 肥料效应函数. 北京: 农业出版社, 1987. 1—45.
- 2 Федосеев А. П. . Погода и эффективность удобрений. Ленинград Гидрометеоздат, 1985.
- 3 Милюев В. Г. . 天气、气候条件影响肥效的主要研究方向. 李象山译, 国外农学——农业气象, 第 2 期, 1986.

A TEST OF THE EFFECT OF SOIL MOISTURE ON EFFICIENCY OF NITROGEN FERTILIZER

Li Xiangshan Zhang Tingzhu

Wang Fangyun Zhang Yanhua

(*Taian Agrometeorological Experiment Station,
Shandong Province, Taian 271000*)

Abstract

At present, it has been found that the reduction in production occurring in the high-yielded wheat plots is caused by the excessive utilization of nitrogen fertilizer and high frequency of irrigation. The effects of different nitrogens and water levels on wheat yield are discussed and a mathematical model is described in the paper. Based on the overall evaluation of input and output, the optimum requirements for the nitrogen amount and irrigation frequency are found out, thus bringing the great help to raise nitrogen and water efficiency to wheat.

Key words: Soil moisture; Nitrogen efficiency; Optimum requirement; Fertilizer and water efficiency.