

# 冬小麦高产稳产的适宜氮磷营养基础 及合理施肥技术

张文英 张庆江

(河北省农林科学院粮油作物研究所, 石家庄 050031)

**摘 要** 对两个冬小麦品种主要生育期  $N$ 、 $P_2O_5$  吸收积累与小麦不同生育阶段光合产物积累及产量关系进行了系统研究, 结果表明, 小麦生育中前期光合产物积累随  $N$ 、 $P_2O_5$  吸收积累的增加而呈直线或曲线增加, 但过多的  $N$  积累对开花后光合产物积累及籽粒产量的提高均产生不利影响; 确定了小麦不同生育阶段  $N$ 、 $P_2O_5$  吸收积累的适宜指标和范围, 并根据  $N$ 、 $P$  施肥与小麦  $N$ 、 $P_2O_5$  吸收积累的关系明确了小麦  $N$ 、 $P_2O_5$  吸收积累主要与氮磷施肥有关, 据此提出了保持小麦生育过程中适宜氮磷营养的施肥调控技术措施。

**关键词** 冬小麦 产量 氮磷营养 施肥技术

关于冬小麦高产稳产的营养基础已有不少研究<sup>(1~5)</sup>, 但大多只指出了某种营养的丰缺范围, 而对小麦是否存在营养过剩或过剩营养是否会导致作物减产的问题并未作充分论证。随着小麦生产中贪青、晚熟、青枯、倒伏现象的频繁发生, 有的学者认为这与小麦营养过剩有关<sup>(3,6)</sup>, 并研究了植株养分含量与籽粒产量形成的关系<sup>(7,9,10)</sup>。作者在相似的研究中发现他们的研究结果在很大程度上受试验群体大小的影响。本文试图通过对冬小麦主要生育阶段的  $N$ 、 $P_2O_5$  吸收积累与不同生育阶段光合产物积累及籽粒产量关系以及  $N$ 、 $P$  施肥与小麦  $N$ 、 $P_2O_5$  吸收积累的研究, 进一步弄清冬小麦高产稳产的适宜  $N$ 、 $P_2O_5$  营养基础, 并据此提出保持小麦生长发育过程中适宜氮磷营养的施肥调控技术措施。

## 1 材料和方法

材料来源于 1986~1990 年在河北省无极县中壤质褐土地上进行的长期定位试验。0~20cm 土层有机质含量为 1.2~1.5%, 碱解氮  $65\sim 80\times 10^{-6}$ , 速效磷  $8\times 10^{-6}$  左右, 有效钾  $130\times 10^{-6}$  左右。pH: 微碱性; 全氮: 0.1% 左右; 全磷: 0.18% 左右。播前施粗肥折纯  $N12.5\text{kg}/\text{亩}$ ,  $P_2O_5 5.5\text{kg}/\text{亩}$ , 亩基本苗 18~20 万。试验采用多元回归组合设计, 施  $N$  量和  $P_2O_5$  施用量为两个自变量因子, 处理组合见表 1。试验进行到第三年 (1989) 种植冀 24 小麦品种。第四年 (1990) 种植冀 26 小麦品种, 并从第三年开始按不同处理对小麦主要

生育阶段植株和器官取样，分别测定植株干重和通过凯氏法、钼锑抗比色法分别测定全N、 $P_2O_5$ 含量。不同处理植株N、 $P_2O_5$ 含量乘以该处理干物质积累量为N、 $P_2O_5$ 吸收积累量。最后将所获数据整理，选用适当数学模型。通过计算机进行多元回归分析。

表1 试验处理及组合

处 理	1	2	3	4	5	6	7	8	9
施 N(kg/hm <sup>2</sup> )	57.8	168.8	112.5	112.5	225	225	168.8	277.5	168.8
施 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/hm <sup>2</sup> )	45.0	0	67.5	202.5	67.5	202.5	45	45	270
重 复 次 数	2	2	4	4	4	4	6	2	2

2 结果与分析

2.1 冬小麦主要生育阶段 N、 $P_2O_5$  吸收积累与光合产物积累及籽粒产量的关系

2.1.1 生理拔节前 N、 $P_2O_5$  积累与拔节前和开花后光合产物积累及籽粒产量的关系 (1)  
试验结果表明，小麦生理拔节前 N、 $P_2O_5$  吸收积累与拔节前和开花后光合产物积累存在显著或极显著相关关系（表2），从图1可以看出，不同的 N、 $P_2O_5$  积累两个品种均表现出不同的光合产物积累。

表2 拔节前 N、 $P_2O_5$  积累与拔节前和开花后光合产物积累的关系

生育阶段	年 度	关 系 式	显 著 性 测 验
拔节前	1989	$Y = 448 + 18N + 65.7P - 0.196N \cdot P$	$F = 104.8^{**}$ $R = 0.9922$
	1990	$Y = 346 + 22N + 51.7P - 0.067N^2$	$F = 171.5^*$ $R = 0.9952$
开花后	1989	$Y = -1457 + 123N - 0.687N^2$	$F = 6.4^*$ $R = 0.825$
	1990	$Y = 4117 + 86.5P - 0.201N^2$	$F = 16.6^{**}$ $R = 0.9214$

注：式中，Y表示光合产物积累量，N、P分别表示N、 $P_2O_5$ 积累量(kg/hm<sup>2</sup>)

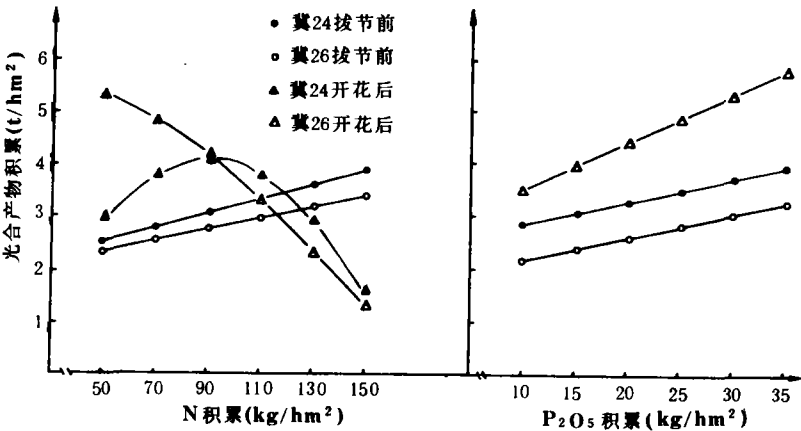


图1 生理拔节前 N、 $P_2O_5$  吸收积累与拔节前和开花后光合产物积累

生育前期增加  $P_2O_5$  积累有利于前后期光合积累, 而增加 N 素积累虽有利于前期光合积累, 但积累过多会导致后期光合积累的降低。试验已证明<sup>(1)</sup>, 小麦产量主要来自于开花后的光合产物, 小麦生育前期过剩营养只能促进其旺盛的营养生长, 对籽粒产量形成反而不利。因此, 小麦生育前期应保持较高的  $P_2O_5$  和适当的 N 素吸收积累。

(2) 拔节前 N、 $P_2O_5$  吸收积累与籽粒产量存在极显著相关关系。89-冀 24 关系式为  $Y = 186 + 26.7N + 470P - 2.05N \cdot P - 5.02P^2$  ( $F = 41.2^{**}$   $R = 0.9881$ )。90-冀 26 关系式为  $Y = 3559 + 195P - 1.494N \cdot P + 0.12N^2$  ( $F = 18.95^{**}$   $R = 0.9587$ ) ( $Y$  表示籽粒产量, N、P 分别表示 N、 $P_2O_5$  积累量  $kg/hm^2$ )。

由上述两个关系式看出, N、 $P_2O_5$  积累对籽粒产量有交互负作用, 说明拔节前 N、 $P_2O_5$  越是同时大量积累越不利于籽粒产量提高。

从图 2 看出, 在适宜的  $P_2O_5$  积累

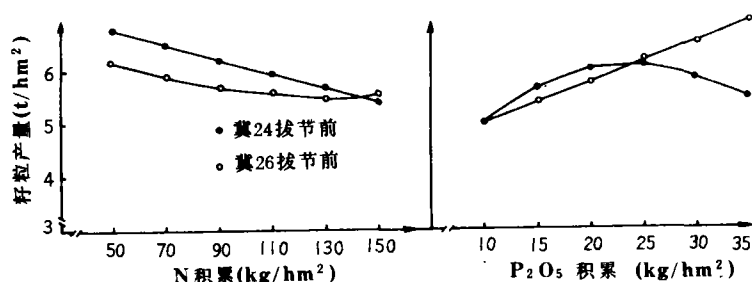


图 2 生理拔节前 N、 $P_2O_5$  积累与籽粒产量的关系

( $20kg/hm^2$ ) 情况下, 随拔节前 N 积累的增加籽粒产量呈直线或近似直线方式下降 (本测定值范围), N 积累较高时 ( $80 \sim 110kg/hm^2$ ) 随拔节前  $P_2O_5$  吸收积累的增加两个品种的籽粒产量表现出不同反应, 说明冬小麦拔节前适当或较高的  $P_2O_5$  和较低的 N 素营养有利于籽粒产量提高。

2.1.2 开花前 N、 $P_2O_5$  积累与开花前和开花后光合产物积累及籽粒产量的关系 (1) 结果表明, 开花前 N、 $P_2O_5$  积累与开花前和开花后光合产物积累均存在极显著相关关系 (表 3)。

表 3 开花前 N、 $P_2O_5$  积累与开花前和开花后光合产物积累

生育阶段	年 度	关 系 式	显著性测验
开花前	1989	$Y = 2284 + 12.8N + 145P - 0.623P^2$	$F = 84.95^{**}$ $R = 0.9900$
	1990	$Y = -5929 + 481P + 0.075N^2 - 4.16P^2$	$F = 43.8^{**}$ $R = 0.9864$
开花后	1989	$Y = -907 + 32.8N + 54P + 0.752N \cdot P - 0.165N^2 - 2.07P^2$	$F = 7.79^{**}$ $R = 0.9634$
	1990	$Y = -11176 + 137.5N + 198P - 0.8823NP - 0.3419N^2$	$F = 28.65^{**}$ $R = 0.9827$

注: 式中 Y 表示光合产物积累量 N、P 分别表示 N、 $P_2O_5$  积累量 ( $kg/hm^2$ )

从图3看出,两个品种除开花后光合产物积累对开花前  $P_2O_5$  积累反应有较大差别外,其他反应表现基本一致。曲线变化显示,小麦开花前增加 N、 $P_2O_5$  积累均有利于开花前光合产物积累, N 素积累过多会导致花后光合积累降低,  $P_2O_5$  积累过多也会导致叶片丰茂型品种花后光合积累降低(这可能由于  $P_2O_5$  积累增加促进 N 过多积累的缘故),小叶型品种则不受其影响。因此,开花前 N、 $P_2O_5$  营养过高也不利于籽粒产量提高。

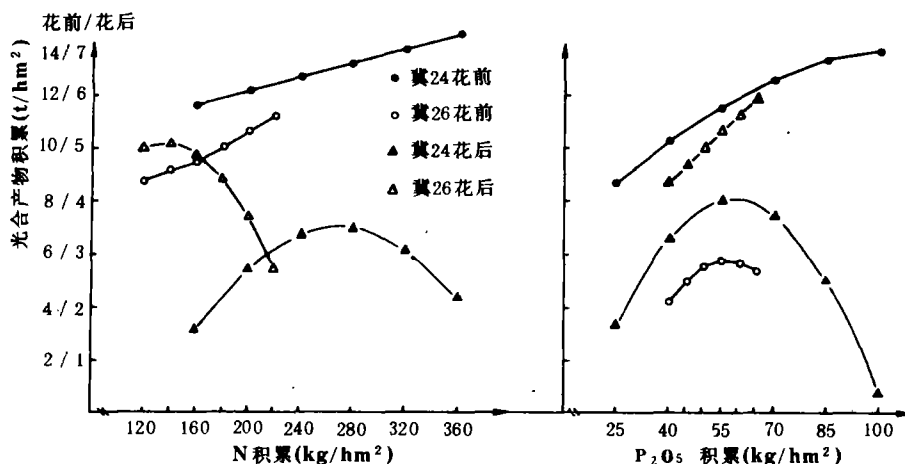


图3 开花前 N、 $P_2O_5$  积累与开花前和开花后光合产物积累的关系

(2) 开花前 N、 $P_2O_5$  吸收积累与籽粒产量存在极显著相关关系。89-冀24 关系式为  $Y = -927 + 34.9N + 69.8P - 0.069N^2 - 0.496P^2$  ( $F = 19.8^* * R = 0.9757$ ), 90-冀26 相应关系式为  $Y = -10290 + 36.5N + 476P - 0.118N^2 - 4.2P^2$  ( $F = 9.2^* * R = 0.9497$ )。 (Y 表示籽粒产量, N、P 分别表示 N、 $P_2O_5$  积累量  $kg/hm^2$ )。

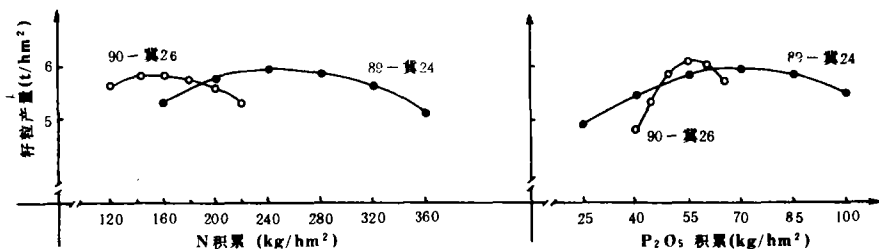


图4 开花前 N、 $P_2O_5$  积累与籽粒产量的关系

从图4看出,籽粒产量随开花前 N、 $P_2O_5$  吸收积累量的增加而增加,但当达到一定水平后,则随 N、 $P_2O_5$  积累,产量逐渐下降。两个品种表现一致。说明开花前 N、 $P_2O_5$  吸收积累过多均不利于籽粒产量提高。

## 2.2 保持小麦适宜氮磷营养的施肥技术调控

在栽培密度、供水、土壤等因素一定的情况下,冬小麦不同生长发育阶段 N、 $P_2O_5$  营

养水平主要与氮磷施肥有关。由表 4 看出, N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 施肥对小麦不同生育阶段 N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

表 4 小麦不同生育阶段 N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 积累与氮磷施肥的关系

生育阶段	年 度	关 系 式	显著性测验
拔节前	1989	$Y_N = 80.3 + 0.302N \cdot P$	$F = 8.92^{**}$ $R = 0.7485$
	1990	$Y_N = 60.8 - 3.74P + 0.687N \cdot P$	$F = 48.84^{**}$ $R = 0.9706$
	1989	$Y_{P_2O_5} = 13.58 + 0.078N \cdot P$	$F = 48.8^{**}$ $R = 0.9706$
	1990	$Y_{P_2O_5} = 9.07 + 0.125N \cdot P$	$F = 266.5^{**}$ $R = 0.9871$
开花前	1989	$Y_N = 188.7 + 1.09N \cdot P - 0.296P^2$	$F = 20.63^{**}$ $R = 0.9344$
	1990	$Y_N = 63.8 + 16.5N + 0.68N \cdot P - 0.72N^2 - 0.296P^2$	$F = 12.3$ $R = 0.9723$
	1989	$Y_{P_2O_5} = 49.1 + 0.195N \cdot P$	$F = 7.41^{**}$ $R = 0.7171$
	1990	$Y_{P_2O_5} = 17.91 + 3.57N + 2.09P - 0.132N^2 - 0.05P^2$	$F = 12.84$ $R = 0.9632$

注:  $Y_N$ 、 $Y_{P_2O_5}$  分别表示植株 N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 积累量, N、P 分别表示 N、P 施肥水平 kg/亩。

吸收积累均起交互正作用 (冀 26 开花前 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 积累不显著)。说明在其他条件一致的情况下, 小麦 N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 吸收积累量的高低主要由 N、P 施肥水平而定。因此保持小麦整个生育过程中协调适宜的氮磷水平关键在于合理施肥。

就华北地区小麦夏玉米两熟连作制中的小麦施肥而言, 根据上述分析和我们多年拟合的小麦籽粒产量对氮磷施肥的偏态曲线效应方程求导, 在当前生产中常规粗肥施用水平 (折纯 N 和 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 分别为 12.5 和 5.5kg/亩) 情况下, 小麦化肥 N 用量保持在 8~9kg/亩为宜, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 保持在 7.5kg/亩或略高些为宜。在当前小麦和夏玉米两熟生产中, 由于肥料总投入水平较高, 特别是氮肥和提倡后重型重施玉米 N 肥, 一般玉米收获后残留在土壤中的速效 N 养分足够满足小麦拔节前正常营养之需, 因此小麦追施 N 肥应在拔节以后。小麦拔节前较高的 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 积累有利于开花后光合产物积累和籽粒产量提高。因此, 磷肥的施用一般应一次性施于小麦播前为宜。

## 参 考 文 献

- 1 郭绍伟等. 江苏淮南地区千斤小麦栽培技术原理与应用. 中国农业科学, 1980, (1): 30~38
- 2 王焄宽等. 冬小麦氮磷营养的综合诊断. 中国农业科学, 1986, (5): 38~44
- 3 黄祥辉等. 小麦栽培生理. 上海: 上海科技出版社, 1984, 268~356
- 4 余松烈等. 高产小麦对三要素的吸收和麦田供应特点的研究. 土壤肥料, 1981, (11): 31~34

- 5 区沃恒等. 小麦的磷素营养. 中国农业科学, 1978, (3): 49~55
- 6 金先春等. 小麦灌浆后期青枯骤死机理探讨. 作物学报, 1990, (3): 228~234
- 7 张继林等. 高产小麦营养生理特性与高效施肥技术研究. 中国农业科学, 1988, (4): 39~45
- 8 郭绍铮等. 高产小麦群体叶色变化与产量形成及施肥技术研究. 作物学报, 1963, (3): 295~301
- 9 Daigger L A et al. Nitrogen content of winter wheat during growth and maturation. Agronomy Journal, 1976, (68): 815~818

## Suitable Nutrition Basis of Nitrogen and Phosphorus and Rational Application of Fertilizer for High and Stable Yield in Winter Wheat

Zhang Wenying      Zhang Qingjiang

(Cereal and Oil Crops Institute, Hebei Academy  
of Agricultural and Forestry Sciences, Shijiazhuang, 050031)

**Abstract** Field trials were conducted to study the relationship between absorption of N,  $P_2O_5$  and accumulation of photosynthate in the main growing stages and grain yield by using two varieties of winter wheat during 1986–1990. The results showed that the accumulation of photosynthate increased with absorption of N,  $P_2O_5$  in the early growing stage. The excessive absorption of N would induce unfavourable effect on the post-anthesis biomass accumulation and final yield. The suitable criteria of N and  $P_2O_5$  absorption in main growing stages were determined. And also it was revealed that N and  $P_2O_5$  absorption and accumulation were mainly related to the amount of N and  $P_2O_5$  applied. Based on the result, monitoring techniques for fertilizer used to maintain suitable N and  $P_2O_5$  levels in wheat were established.

**Key words:** Winter wheat; Yield; Nitrogen; Phosphorus; Technique of fertilizer application