

小麦氮肥调控的群体效应和效益研究

张睿¹, 王海霞², 张兴华¹

(1. 西北农林科技大学农学院, 陕西杨凌 712100; 2. 山西省晋城市城区农林局, 山西晋城 048000)

摘要: 进行了氮肥调控群体效应及效益研究, 结果表明, 在常规投肥水平下, N、P、K、Fe、Zn、B 和 Mn 肥同时增加, 群体发生明显变化, 随着施肥水平的提高, 增穗 $1.71 \sim 2.45 \times 10^6$ 个/hm², 增产 754.5 kg/hm², 增收 840 元/hm², 有效养分平均效益 3.10 元/kg。在此基础上微肥用量增加 1 倍, 增产 1147.5 kg/hm², 增收 1347 元/hm², 微肥平均养分效益 30.7 元/kg; P 和微肥增加 1 倍, 增产 1117.5 kg/hm², 增收 1716 元/hm², 磷肥平均效益 7.53 元/kg; K 增加 1 倍, 增产 405 kg/hm², 但不增收。不增加 N 肥同时提高 P、K 及 Fe、Zn、B、Mn 肥的投入量, 增产 945 kg/hm², 增收 1314 元/hm², 在此基础上, 若将 P 肥投入量提高 1 倍, 增收 3932 元/hm², 增加养分效益 17.54 元/kg。研究表明, 在较高的肥力基础上磷肥和微肥是提高小麦生产能力和效益的关键因素。

关键词: 小麦; 微肥; 氮肥; 磷肥; 产量; 效益

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2003)05-0031-01

中图分类号: S512.106

Effect of Regulating Nitrogenous Fertilizer on Wheat Population and Production Earnings

ZHANG Rui¹, WANG Hai-xia², ZHANG Xing-Hua¹,

(1. Northwest Science and Technology University of Agriculture and Forestry, Yangling 712100, Shaanxi Province, China;
2. The Jincheng Proper Bureau of Agriculture and Forestry of Shanxi Province, Jincheng 048000, Shanxi Province, China)

Abstract: Increases in N, P, K, Fe, Zn, B and Mn fertilizer application resulted in a remarkable change in the wheat population, tillering increases of $1.71 \sim 2.45$ millions/hm², yield increases of 754.5 kg/hm², and earnings increases of 840 Yuan/hm² (the average earning of effective normal fertilizer is 3.10 Yuan/kg). Furthering this fertilizer investment, the yield increases by 1147.5 kg/hm² and earnings increase by 1347 Yuan/hm² by doubling trace elements Fe, Zn, B and Mn; trace fertilizer profit in this case is 30.71 Yuan/kg. Yield increases by 1117.5 kg/hm² and earnings increase by 1716 Yuan/hm² by doubling the trace elements and P fertilizer (the average earning of effective P fertilizer is 7.53 Yuan/kg). Yield increases by 405 kg/hm² and earnings decrease by doubling potash fertilizer. Yield increases by 945 kg/hm² and earnings increase by 1314 Yuan/hm² by increased fertilizer content of P, K, Fe, Zn, B and Mn (except N). In this fertilizer investment type, the profit increased 3932 Yuan/hm² and the earning is 17.54 Yuan/kg by doubling phosphate fertilizer. The experiments show that phosphate fertilizer and trace fertilizer are a key factor in improvement of wheat production capacity and profitability of high fertilizer levels.

Keywords: wheat; trace fertilizer; nitrogenous fertilizer; phosphate fertilizer; yield; profit

不同生产水平下, 氮肥的用量^[1, 8]、效果^[1, 4, 7, 12]及其与其它养分的配比结构^[1, 3, 10, 12]等方面研究已经不少。这些结果是我国小麦高产施氮技术的主要内容。目前, 我国小麦生产中结构性过剩和结构性短缺的矛盾突出, 尤其是加入 WTO 后显得格外突出, 提高小麦产量及品质和生产效益已经成为小麦生产中的首要问题。小麦生产效益的提高, 主要是提高投入效益, 肥料投入在小麦生产投入中占有重要位置。

1 材料与方 法

1.1 试验地点与基础资料

笔者进行了氮肥调控群体效应及效益研究, 旨在为小麦高产高效提供理论依据。

本实验的实验时间为 1997—1998 年。实验地点位于西北农林科技大学的宝鸡粮食高产优质实验站。实验地为夏闲地, 其地力均匀, 土壤肥力为中等, 整地

收稿日期: 2003-03-27

修回日期: 2003-04-17

资助项目: 农业部“农业结构调整重大技术研究专项”(2002-02-01A)

作者简介: 张睿(1964-), 男(汉族), 陕西长武县人。副研究员, 主要从事小麦高产栽培技术研究及推广, 先后发表论文 10 余篇, 出版书籍 2 本。电话(029)7081078, E-mail: zhangwushi@163.com。

后撒纯 N90 kg/hm², P39 kg/hm² 后测定, 土壤有机质含量 1.11%, 碱解氮 68.26 mg/kg, 速效磷 24.48 mg/kg, 速效钾 138.40 mg/kg, 有效锰 9.52 mg/kg, 有效铁 6.10 mg/kg, 有效锌 0.29 mg/kg, 有效硼 0.23 mg/kg。氮肥用陕西省化肥厂生产的尿素 (N≥46%), 磷肥用美国生产的磷酸二铵 (P≥20%, N≥16%), 钾肥用青海产的氯化钾 (K≥38%)。锰肥用硫酸锰, 有效含量 24%。锌肥用硫酸锌, 有效含量 23%。硼肥用硼砂, 有效含量 11%, 铁肥用硫酸亚铁, 有效含量 19%。品种为陕 2158。小区面积 4.5 m × 3.0 m, 重复 4 次, 随机排列, 3 个重复计产, 一个重复采样。将每小区所设计的施肥量均匀撒入后浅翻并耙

平, 再开沟溜籽。基本苗为 1.20 × 10⁶ hm²。实验设空白 (CK₁₁)、全素 (CK₁₂, CK₂₁, CK₂₂, CK₃₁, CK₃₂)、处理 1、处理 2、处理 3, 共 9 个处理, 具体施肥情况如表 1 所示。

1.2 调查测定项目、方法

试验调查测定的主要内容有: 肥料投入量、种类、犁地、旋地、播种、除草、病虫害防治用药种类及用工、收获、运输、晾晒等全过程投入, 以人民币为单位; 调查基本苗, 冬前最高分蘖期、拔节期、孕穗期、开花期小麦群体、个体动态变化、产量结构变化, 单株叶、茎、穗、鞘干物质积累变化, 实收各小区实产, 并采样进行考种。叶面积测定用美国产叶面积测定仪测定。

表 1 实验小区施肥处理

肥种	I			II			III		
	CK ₁₁	CK ₁₂	处理 1	CK ₂₁	CK ₂₂	处理 2	CK ₃₁	CK ₃₂	处理 3
N	90	202.50	90.00	202.5	202.50	90.00	202.50	315.00	90.00
P	39	88.30	88.30	88.30	137.30	137.30	137.30	137.30	137.30
K	0	93.40	93.40	93.40	93.40	93.40	186.80	186.80	186.80
Mn*	0	5.40	5.40	10.80	10.80	10.80	10.80	10.80	10.80
Fe*	0	4.28	4.28	8.55	8.55	8.55	8.55	8.55	8.55
Zn*	0	5.18	5.18	10.35	10.35	10.35	10.35	10.35	10.35
B*	0	1.65	1.65	3.30	3.30	3.30	3.30	3.30	3.30

注: * 代表这些微肥均为化合态有效成分, Mn* 为 MnSO₄, Fe* 为 Fe SO₄, Zn* 为 Zn SO₄, B* 为 Na₂B₄O₇ · 10H₂O。

2 试验结果分析

2.1 群体结构和产量结构变化

从表 2 中可以看出, 不同施肥水平对小麦的群体变化有一定影响。就基本苗而言, 变化不大, 各处理的基本苗变化极差为 6.30 × 10⁴ hm², 变化幅度为 4.10%。

就冬前群体而言, 在常规施肥量的基础上, 一定范围内, 整体提高施肥水平 (处理 1), 有明显的促蘖效果, 增蘖 1.64 × 10⁶ 个/hm², 这种促蘖效果随着施肥水平的持续提高而提高, CK₃₂ 比 CK₁₁ 增蘖 2.48 × 10⁶ 个/hm²。随着磷肥和微肥水平的提高而增加, CK₂₂ 比 CK₁₁ 增蘖 3.05 × 10⁶ 个/hm², 磷钾肥和微肥与氮磷钾肥和微肥同时提高, 均有增蘖效果, 但效果没有增加磷肥和微肥促蘖效果显著, CK₃₁ 和 CK₃₂ 分别比 CK₁₁ 增加 1.92 × 10⁶ hm² 和 2.48 × 10⁶ hm²。在 N 肥不变, 提高其它营养水平, 对冬前分蘖数量作用明显, 这种作用随着肥力水平提高而增加, 呈钟型曲线, 随着肥力水平持续提高而减小, 处理 1 比 CK₁₁ 增加 1.25 × 10⁶ hm², 处理 2 比 CK₂₁ 增加 5.72 × 10⁵ hm², 处理 3 比 CK₃₁ 增加 3.08 × 10⁵ hm²。在较高肥力水平

下, 减少氮肥用量对冬前分蘖有一定影响, 处理 1 比 CK₁₂ 减少 3.85 × 10⁵ hm², 处理 2 比 CK₂₁ 减少 1.20 × 10⁶ hm², 处理 3 比 CK₃₂ 减少 2.54 × 10⁵ hm², 但氮肥对冬前分蘖的影响是有限的。

就春季最高群体变化而言, 其规律与冬前群体变化规律基本一致, 随着施肥水平的提高, 增蘖作用增加, CK₁₂ 比 CK₁₁ 增加了 1.71 × 10⁶ hm², CK₃₂ 比 CK₁₁ 增加了 2.45 × 10⁶ hm²。在此基础上增加磷肥和微肥, 增蘖效果显著, CK₂₂ 比 CK₁₁ 增加了 1.77 × 10⁷ hm², 同时提高磷钾肥和微肥水平, 增蘖效果没有增加磷肥和微肥效果显著, CK₃₁ 比 CK₁₁ 增加了 1.17 × 10⁶ hm², 同时提高氮磷钾肥和微肥水平, 增蘖效果比增加磷肥和微肥效果显著, CK₃₂ 比 CK₁₁ 增加了 2.45 × 10⁶ hm²。在较高施肥水平下, 缺氮对春季群体有明显的影响, 处理 1 比 CK₁₂ 减少了 1.10 × 10⁶ hm²; 在此基础上, 增加微肥对春季群体作用不大, CK₃₁ 比处理 1 增加了 3.42 × 10⁵ hm²。在高施肥水平下, 缺氮处理春季群体显著增加, 处理 2 比 CK₂₁ 增加了 2.62 × 10⁶ hm², 在此基础上, 增加磷肥群体也表现增加, 处理 2 比 CK₂₂ 增加了 1.80 × 10⁶ hm²。持续提高肥力, 促蘖效果减小。

表 2 不同施肥水平下小麦群体、产量结构及产量变化

项目	I			II			III		
	处理 1	CK ₁₁	CK ₁₂	处理 2	CK ₂₁	CK ₂₂	处理 3	CK ₃₁	CK ₃₂
基本苗/(10 ⁴ ·hm ⁻²)	137.70	135.00	131.40	133.80	134.70	137.10	131.40	136.80	135.00
冬前群体/(10 ⁴ ·hm ⁻²)	883.00	757.80	921.50	943.10	885.90	1063.10	980.40	949.60	1005.80
春季群体/(10 ⁴ ·hm ⁻²)	1027.80	966.50	1137.90	1323.50	1062.00	1113.70	1213.00	1083.40	1211.20
成穗数/(10 ⁴ ·hm ⁻²)	562.50	525.00	579.00	615.00	564.00	582.00	607.50	565.50	558.00
穗粒数/个	33.65	28.85	30.70	38.40	31.95	32.75	30.05	29.90	31.90
千粒重/g	37.53	38.68	38.83	38.98	38.95	38.25	37.65	38.08	40.65
产量/(kg·hm ⁻²)	6520.50	5575.50	6330.00	8868.00	6723.00	6993.00	6048.00	5980.50	6858.00
增幅/±kg	-	-945.00	-220.50	--	-2145.00	-1875.00	-	-67.50	+810.00
增幅/±%	--	-17.00	-3.50	--	-31.90	-26.80	-	-1.10	+11.80
处理-CK ₁₁ /(kg·hm ⁻²)	945.00	-	757.50	3292.50	1147.50	1417.50	472.5	405.00	1282.50
增幅/±%	17.00	-	13.50	--	17.60	25.10	--	7.30	23.00
CK ₁₁ -CK ₁₂ /(kg·hm ⁻²)	-	--	--	-	393.00	363.00	-	-349.50	528.00
增幅/±%	--	-	-	-	6.20	5.70	--	-5.50	8.30
CK ₂₂ -CK ₃₁ /(kg·hm ⁻²)	-	--	754.50	--	-	270.00	-	-	622.50
增幅/±%	--	-	13.50	-	-	1.00	-	-	10.40

从成穗数看,其变化规律与冬前和春季群体变化规律一致,随着施肥水平的提高,增穗作用明显。CK₁₂比CK₁₁增加了 5.50×10^5 hm²,CK₃₂比CK₁₁增加了 3.30×10^5 hm²。在较高施肥水平下,单独提高微肥或磷肥与微肥水平同时提高,对成穗数影响不大,CK₂₁比CK₁₂减少了 5.00×10^4 hm²,CK₂₂比CK₁₂增加了 3.00×10^4 hm²,单独提高磷钾肥或氮磷钾肥水平,成穗数变化不大,趋于减小,CK₃₁比CK₁₂减少了 1.35×10^5 hm²,CK₃₂比CK₁₂减少了 2.10×10^5 hm²。缺氮对成穗数影响较大,处理1比CK₁₂减少了 1.65×10^5 hm²,肥力水平提高后,减少氮肥,增施磷肥有利于增穗,处理2比CK₂₂增加 3.30×10^5 hm²,比CK₁₁增加 9.00×10^5 hm²,在此基础上,持续提高磷钾肥,成穗数提高,处理3比CK₁₂增加 4.95×10^5 hm²。从穗粒数变化看,随着施肥水平提高,穗粒数在增加。CK₁₂比CK₁₁增加了1.85粒,CK₃₂比CK₁₁增加了3.05粒。在较高肥力水平下,提高微肥水平,CK₂₁比CK₁₂增加了1.25粒,提高磷肥水平,CK₂₂比CK₁₂增加了2.05粒。磷钾肥同时提高,穗粒数减少,CK₃₁比CK₁₂减少了0.80粒,氮磷钾肥同时提高,穗粒数增加,CK₃₂比CK₁₂增加了1.20粒。在较高肥力水平下,缺氮,对穗粒数的作用非常显著,可提高2.95~5.65粒,肥力提高到一定程度,增粒作用不明显。在较高肥力水平下,氮肥不是影响穗粒数的关键因素。

千粒重变化与施肥水平高低变化关系不明显。

2.2 效益比较

单位面积上除肥料投入以外,犁地150元/hm²、旋耕120元/hm²、播种120元/hm²、种子126元/

hm²、除草30元/hm²、农药45元/hm²、收获375元/hm²、人工534元/hm²、运输198元/hm²投入一样,合计为1689元/hm²,产量和效益的差异是由于肥料投入的差异产生的。在常规投入水平(N90 kg/hm², P39 kg/hm²)下,单位面积收入7619元/hm²,同时提高N(112.5 kg/hm²),P(49 kg/hm²),K(93.3 kg/hm²)及Fe(4.28 kg/hm²),Zn(5.18 kg/hm²),B(1.65 kg/hm²),Mn(5.40 kg/hm²)肥的投入量,比CK₁₁增收840元/hm²。在此基础上,若N,P,K量不变,Fe,Zn,B和Mn肥的投入量增加1倍,增收1347元/hm²;若N和K分别投入112.5 kg/hm²和93.3 kg/hm²,P投入137.3 kg/hm²,Fe,Zn,B和Mn肥增加1倍,增收1716元/hm²;若K投入为186.8 kg/hm²,其它养分投入不变情况下,尽管增产405 kg/hm²,但不增收,亏139元/hm²;若N,P和K投入量分别为225,137.3和186.8 kg/hm²,Fe,Zn,B和Mn肥增加1倍,增产1275 kg/hm²,增收1205元/hm²。在整体投入水平超过生产水平1倍,增加磷肥和微肥,可达到增产增收效果,增施钾肥增产但不增收。

在常规生产水平和不增加氮肥的情况下,同时提高P(49 kg/hm²),K(93.3 kg/hm²)及Fe(4.28 kg/hm²),Zn(5.18 kg/hm²),B(1.65 kg/hm²),Mn(5.40 kg/hm²)肥的投入量,增收1314元/hm²,在此基础上,若将P投入量增加49 kg/hm²,增收3932元/hm²,若将P和K的量分别再增加49和93.30 kg/hm²,增收293元/hm²。这表明该地力情况下,磷肥是提高小麦生产能力的关键因素,磷肥投入增加1倍,增收显著。

表 3 不同施肥水平下小麦生产效益比较

元/hm²

项目	I			II			III		
	处理 1	CK ₁₁	CK ₁₂	处理 2	CK ₂₁	CK ₂₂	处理 3	CK ₃₁	CK ₃₂
肥料	835	316	1 030	1 192	1 188	1 387	1 350	1 549	1 329
总投入	2 530	2 011	2 725	2 887	2 883	3 082	3 015	3 244	3 444
子粒产值	7 303	6 245	7 090	9 932	7 530	7 832	6 773	6 698	7 681
秸秆产值	1 160	3 385	1 091	5 853	4 319	4 585	4 045	1 026	4 587
总产值	11 163	9 630	11 181	15 785	11 849	12 417	10 818	10 724	12 268
净增收	8 933	7 619	8 459	12 898	8 966	9 335	7 773	7 480	8 824

注: 1 N 1.774 元/kg, P 3.99 元/kg, K 1.73 元/kg, 锌肥、铁肥、锰肥 2.0 元/kg, 硼肥 1.5 元/kg, 小麦 1.12 元/kg, 麦草 0.44 元/kg; ② 相同投入部分合计(元/hm²)。

3 结果与讨论

(1) 在常规投肥水平下, 调节 N、P、K 和 Fe、Zn、Mn、B 肥, 同时增加达到 CK₁₂, 比 CK₁₁ 增产 754.5 kg/hm², 增收 840 元/hm², 有效养分平均效益 3.10 元/kg; 达到 CK₂₁ 即在此基础上, 微肥用量增加 1 倍, 增产 1 147.5 kg/hm², 增收 1 347 元/hm², 有效养分平均增效 4.68 元/kg, 其中微肥有效养分平均增效 30.7 元/kg; 达到 CK₂₂ 即 P 和微肥增加 1 倍, 增产 1 417.5 kg/hm², 增收 1 716 元/hm², 有效养分平均增效 5.09 元/kg, 其中磷肥平均效益 7.53 元/kg; K 增加 1 倍, 增产 405 kg/hm², 但是不增收。这充分表明在关中西部目前的生产水平下, 同时提高底肥中 N、P、K 和 Fe、Zn、B 和 Mn 肥的量, 其平均养分效益较低, 在此基础上, 增加微肥用量, 养分效益显著提高, 可达 30.71 元/kg, 增加磷肥效益明显, 增加钾肥出现负效益。

(2) 在常规投肥水平下, 不增加 N 肥, 同时提高 P、K 及 Fe、Zn、B、Mn 肥的投入量, 使其分别达到 CK₁₂ 的水平, 则比 CK₁₁ 增产 945 kg/hm², 增收 1 311 元/hm², 平均养分效益 4.56 元/kg, 增加养分效益 8.25 元/kg; 在此基础上, 若将 P 和微肥投入量提高 1 倍, 增产 3 292.5 kg/hm², 增收 3 932 元/hm², 平均养分效益 11.13 元/kg, 增加养分效益 17.54 元/kg; 若将 P 和 K 的量再增加 49 和 93.4 kg/hm², 增产 472.5 kg/hm², 增收 293 元/hm², 增加养分效益 2.05 元/kg; 养分效益较低。这表明, 在关中西部目前的生产水平下, 磷肥是提高小麦生产能力的关键因素, 磷肥投入增加 1 倍, 可增产 59.0%, 其有效养分效益达 17.54 元/kg。

(3) 在高肥料投入水平下, 增加微肥或 P 均有增产效果, 但有效养分效益为负值, 人不付出; K 和 P

同时增加表现减产, N、P 和 K 同时增加, 与对照平产。这表明在高肥力水平下, 增加微肥或氮、磷、钾肥同时增加, 可以增产, 但不增收; 磷、钾肥同时提高, 则表现减产。

[参 考 文 献]

- [1] 梅楠. 小麦—土壤系统 N 平衡及小麦 N 素利用物质生产[J]. 北京农学院学报, 1988, 3(2): 32—38.
- [2] 余松烈, 等. 小麦对三要素的吸收及其与生物、经济产量关系的研究[J]. 山东农学院学报, 1983(2): 1—12.
- [3] 赵广才, 李春喜, 等. 不同施氮比例和时期对冬小麦氮素利用的影响[J]. 华北农学报, 2000, 15(3): 99—102.
- [4] 王百群, 余存祖. 小麦生长过程中土壤有机氮各组分动态及其有效性[J]. 土壤通报, 1995, 26(4): 186—189.
- [5] 李世娟, 周殿玺, 等. 水分和氮肥运筹对小麦氮素吸收分配的影响[J]. 华北农学报, 2002, 17(1): 69—75.
- [6] 姜丽娜, 邵云, 等. 氮肥施用时期与比例对超高产冬小麦干物质积累及产量的影响[J]. 麦类作物学报, 2002, 22(2): 70—73.
- [7] 张朝荣, 何德远. 亳州市小麦氮肥施用技术研究[J]. 安徽农业技术师范学院学报, 1999, 13(4): 35—36.
- [8] 翟瑞常, 侯雪坤. 氮、磷肥不同用量及配比对春小麦产量和经济效益的影响[J]. 黑龙江八一农垦大学学报, 1995, 8(1): 26—31.
- [9] 周顺利, 张福锁, 等. 高产条件下冬小麦产量性状的品种差异及氮肥效应[J]. 麦类作物学报, 2001, 21(2): 67—71.
- [10] 曾长立, 王兴仁. 冬小麦氮肥肥料效应模型的选择及其对推荐施氮效果的影响[J]. 江汉大学学报, 2000, 17(3): 8—12.
- [11] 苗艳芳, 李友军. 氮钾肥对小麦养分吸收的影响及增产效应[J]. 西北农业大学学报, 1999, 27(2): 42—47.
- [12] 康玲玲, 魏义长. 不同氮素水平下土壤水分对冬小麦干物质及养分分配的影响[J]. 水土保持研究, 1995, 2(1): 27—30.