

氮钾肥对小麦养分吸收的影响及增产效应

苗艳芳 李友军 张会民 陈洪军 陈明灿

(洛阳农业高等专科学校,河南洛阳 471003)

摘要 1996~1997年在豫西褐土区进行了氮钾肥不同用量试验,探讨了高产条件下小麦的吸肥规律和施肥的增产效应。结果表明,小麦吸收养分的数量,在一定范围内与施肥量呈显著的正相关;吸收养分的高峰期是拔节期至抽穗期,一生吸收氮、磷、钾养分的数量分别为 215.4, 69.4 和 218.0 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,三者之比为 3.10:1:3.14。氮钾肥的产量模型为: $Y = 3598.6950 - 16.6057X_1 + 13.5449X_2 - 0.0371X_1^2 - 0.0548X_2^2 + 0.0069X_1X_2$,经济最佳施肥量为 N 214.8 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, K₂O 126.5 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,氮钾比为 1.69:1,平均增产 11.8%。

关键词 氮钾配合,养分吸收,增产效应

分类号 S158.3

长期以来,在小麦的高产栽培中,人们十分注重研究和施用氮磷肥料。随着氮磷肥料的大量施入和耐肥高产品种的推广,作物从土壤中带走了大量的钾素,致使土壤供钾能力有所降低^[1],在某些地块,钾已成为小麦产量进一步提高的主要限制因子^[2]。因此增施钾肥,调整肥料结构,实现平衡施肥是当前进一步提高小麦产量的重要措施之一^[3]。为了探讨高产条件下小麦的吸肥规律和施肥的增产效果,进行了冬小麦氮钾肥不同用量的试验,现将结果报道如下。

1 材料与方 法

1.1 试验地基本情况

试验设在洛阳市新安县小麦产量水平 6000 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 的地块。供试土壤为褐土,其基本理化性状为:有机质 19.8 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$,碱解氮 79.8 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,速效磷 (P_2O_5) 10.3 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,速效钾 (K_2O) 162 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

1.2 试验设计

在底施 67.5 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ P_2O_5 基础上,氮设 3 个水平,即 N₁₀₅, N₂₁₀ 和 N₃₁₅,分别示施 N 105, 210 和 315 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$;钾 (K_2O) 设 4 个水平,即 K_{37.5}, K_{112.5} 和 K_{187.5},分别示施 K (K_2O) 37.5, 112.5 和 187.5 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$;以不施氮钾为对照,试验共设 13 个处理(见表 1),小区面积 22 m^2 ,3 次重复,随机区组排列。

1.3 测定方法

在主要生育期取小麦地上部植株进行养分测定。植株样用 $\text{H}_2\text{SO}_4 \sim \text{H}_2\text{O}_2$ 消化,开氏定氮,钒钼黄法测磷,火焰法测钾^[4]。土壤碱解氮用扩散法,速效磷用钼兰比色法,速效钾用火焰法测定^[5]。

收稿日期 1998-05-22

课题来源 河南省科技攻关项目,921020101

作者简介 苗艳芳,女,1956年生,副教授

2 结果与分析

2.1 小麦吸收养分的特点

2.1.1 小麦植株养分含量的变化 由表 1 可以看出,小麦植株氮、磷、钾养分含量的变化趋势是:越冬一起身期(钾素在起身一拔节期)含量较高,随着植株生长加快,养分浓度由于干重迅速增加带来的稀释效应而相应下降,到成熟期养分含量降为最低。所不同的是小麦生长后期,氮磷元素大量向籽粒中转移,茎秆中的养分浓度降幅较大,而钾素则在茎秆中保留较高浓度。不同施肥量对小麦植株养分含量也有一定的影响,成熟期高氮处理(N₃₁₅)区,植株的含氮量明显高于低氮(N₁₀₅)和无氮(N₀)处理,高钾处理区(K_{187.5})的植株含钾量也明显高于低钾(K_{37.5})和无钾处理(K₀)。

表 1 小麦植株不同生育期养分含量

g^o kg⁻¹

养分生育期	N ₀ K ₀	N ₁₀₅ K ₀	N ₂₁₀ K ₀	N ₃₁₅ K ₀	N ₁₀₅ K _{37.5}	N ₂₁₀ K _{37.5}	N ₃₁₅ K _{37.5}	N ₁₀₅ K _{112.5}	N ₂₁₀ K _{112.5}	N ₃₁₅ K _{112.5}	N ₁₀₅ K _{187.5}	N ₂₁₀ K _{187.5}	N ₃₁₅ K _{187.5}
越冬	39.88	37.44	38.58	38.51	39.63	38.11	40.51	42.21	34.67	39.70	35.14	40.36	40.90
起身	40.33	38.80	36.51	37.29	37.67	38.73	45.43	41.28	39.61	42.70	40.88	36.59	36.80
N 拔节	32.56	32.11	31.72	32.31	33.29	32.31	32.15	33.27	32.55	32.89	32.45	31.45	34.01
开花	12.02	12.59	14.51	12.64	13.48	13.85	14.21	12.24	13.97	14.56	14.01	14.11	14.27
成熟	4.45	4.31	4.28	4.57	4.25	4.76	4.77	4.61	4.95	4.88	4.76	4.77	4.99
越冬	5.11	5.49	4.70	5.03	5.16	5.06	4.63	5.27	3.24	4.68	4.49	4.88	4.40
起身	5.20	5.43	5.11	5.33	5.43	4.65	5.38	5.48	5.04	4.88	5.12	4.52	4.97
P ₂ O ₅ 拔节	3.89	4.33	3.68	3.75	4.47	3.75	3.73	3.80	3.27	3.83	4.52	5.12	3.64
开花	4.34	3.58	3.77	3.93	3.51	3.86	3.86	3.37	3.46	3.68	3.67	4.08	3.90
成熟	1.09	0.96	1.07	0.85	0.90	1.07	0.94	1.02	1.06	0.99	0.98	1.10	0.85
越冬	26.40	27.07	25.80	27.64	24.58	25.41	27.58	31.15	27.59	26.96	28.46	24.34	25.62
起身	25.76	27.59	28.75	31.56	31.14	32.61	34.03	32.11	34.31	32.23	35.10	36.80	35.85
K ₂ O 拔节	29.52	32.72	34.05	30.13	27.85	30.50	24.92	36.47	35.71	34.15	34.63	36.70	35.57
开花	17.05	16.21	16.11	15.05	15.27	15.42	16.81	16.70	17.28	17.50	16.69	18.01	17.18
成熟	10.59	10.00	10.64	9.81	11.11	10.79	11.22	12.10	12.64	12.69	12.51	13.97	13.07

注: 1) N₁₀₅, N₂₁₀, N₃₁₅ 分别示施 N 105, 210, 315 kg^o hm⁻²; K_{37.5}, K_{112.5}, K_{187.5} 分别示施 K (K₂O) 37.5, 112.5, 187.5 kg^o hm⁻²; N₀, K₀ 为对照。2) 小麦地上部养分含量为整株混合样品, 成熟期样品不包括籽粒。

2.1.2 小麦地上部养分的积累量 从小麦各生育期养分的平均吸收率来看(见表 2), 出苗到越冬期, 氮素吸收量占全生育期的 23.6%, 磷、钾分别占 8.42% 和 15.48%。拔节期氮钾吸收量达 40%~50%, 磷为 32%。开花期小麦对氮磷的吸收累积达全生育的 80% 以上, 而钾几乎达到 100%。因此拔节至开花是小麦吸收养分的最关键时期之一, 此期保证土壤有足够的速效氮磷钾等养分是夺取小麦高产的关键。进入灌浆期以后, 约有 45% 的氮、磷从茎叶中不断向籽粒输送, 而送往籽粒部分的钾素只有 10.34%, 89.66% 的钾素仍保留在茎秆中, 见表 3。

小麦一生吸收养分的绝对数量与施肥量有一定的关系, 在施肥水平较低的情况下, 植株吸氮量、吸钾量随着施肥量的增加而增加, 植株吸收 N 素的数量与施 N 量的关系为: $Y = 12.26 + 0.16X$ ($r = 0.594^{**}$, $n = 13$), 吸收 K 素的数量与施 K 量的关系为 $Y = 12.80 + 0.33X$ ($r = 0.879^{**}$, $n = 13$)。在一定产量水平下植物吸收养分的数量达到吸收饱和点(植

物吸 N 224.4 kg° hm⁻², 吸 K 247.5 kg° hm⁻²) 后, 即使再增施肥料, 植物对养分的吸收也不会再有明显的增加。

表 2 小麦各生育期平均吸收养分的百分率

%

生育期	N	P	K
出苗—越冬	23.69	8.42	15.48
越冬—起身	39.51	15.59	31.25
起身—拔节	50.70	31.91	41.41
拔节—开花	81.13	89.18	97.43
开花—成熟	100.00	100.00	100.00

表 3 钾素的分配及利用率

施肥量 / (kg° hm ⁻²)	籽粒含钾 / (kg° hm ⁻²)	茎叶含钾 / (kg° hm ⁻²)	总量 / (kg° hm ⁻²)	利用率 / %
K ₀	19.9	165.8	185.7	-
K _{37.5}	20.3	178.8	200.1	38.4
K _{112.5}	23.9	230.2	254.1	60.8
K _{187.5}	23.4	217.2	240.6	29.3

图 1 氮钾的交互作用表明, 单施氮肥的情况下 (K₀), 小麦对氮素吸收量均处在较低的水平, 配施钾肥对植株吸氮量有明显的促进作用, 即随着施钾水平的提高, 吸氮量曲线沿纵轴不断上移, 且不论施氮水平高低, 配合钾肥均能获得较好的效果, 其中以 N₂₁₀ K_{112.5} 的搭配比例最为合适, 植株吸氮量较高 (239.8 kg° hm⁻²), 产量也最高 (6 900 kg° hm⁻²)

在该试验条件下, 每公顷小麦一生吸收氮、磷、钾的平均数量分别为 215.4, 69.4 和 218.0 kg, 三者比例为 3.10: 1: 3.14 (见表 4)。单施氮肥时氮素利用率为 16.73% ~ 39.14%, 氮钾配合则 N 素利用率为 42.8%, 钾肥利用率平均为 42.8%, 而最佳氮钾配比处理 (N₂₁₀ K_{112.5}) 的钾肥利用率最高为 50.6%。

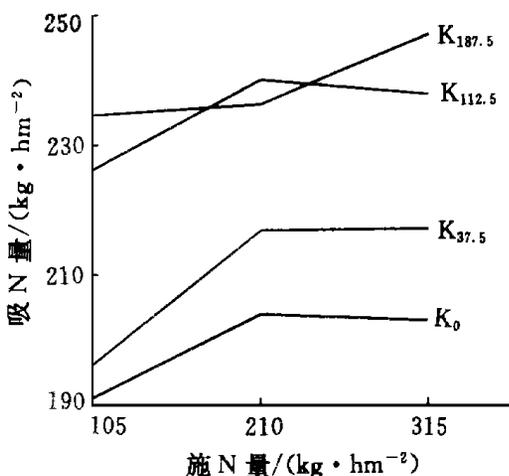


图 1 氮钾交互作用

表 4 小麦一生吸收养分的数量

kg° hm⁻²

养分	N ₀	N ₁₀₅	N ₂₁₀	N ₃₁₅	N ₁₀₅	N ₂₁₀	N ₃₁₅	N ₁₀₅	N ₂₁₀	N ₃₁₅	N ₁₀₅	N ₂₁₀	N ₃₁₅	X
	K ₀	K ₀	K ₀	K ₀	K _{37.5}	K _{37.5}	K _{37.5}	K _{112.5}	K _{112.5}	K _{112.5}	K _{187.5}	K _{187.5}	K _{187.5}	
N	149.9	191.0	204.9	202.6	196.1	216.7	217.1	225.9	239.8	238.4	234.5	236.3	247.3	215.4
P ₂ O ₅	61.9	59.6	68.2	67.3	65.9	69.9	68.4	72.4	74.6	74.1	73.6	74.9	71.8	69.4
K ₂ O	179.3	180.5	192.0	207.9	190.5	197.3	206.4	236.6	252.3	253.6	242.2	246.8	249.0	218.0

2.2 氮钾肥的产量模型与最佳配比

小麦试验的产量结果(见表 5),经方差分析达到了极显著水平 [$F(11, 34) > F_{0.01}(3, 03)$],各施肥处理间平均产量差异达 0.05 的显著水平。其中以 $N_{210}K_{112.5}$ 的产量最高,效益最好。氮钾配合与单施氮肥 (K_0) 相比增产幅度为 8.7% ~ 23.9%, 平均为 11.8%。每 kg N 增产小麦 6.5~ 15.8 kg, 每 kg K_2O 增产小麦 1.6~ 11.1 kg^[6]。

表 5 各处理平均产量及施肥利润

位次	施肥量 / ($kg \cdot hm^{-2}$)	平均产量 / ($kg \cdot hm^{-2}$)	比 CK 增产 / ($kg \cdot hm^{-2}$)	产值 / 元	利润 / 元
1	$N_{210}K_{112.5}$	6900 a	3184	8770.0	6596.25
2	$N_{210}K_{187.5}$	6420 ab	2704	8346.0	5859.75
3	$N_{315}K_{187.5}$	6160 abc	2444	8008.7	5312.45
4	$N_{315}K_{112.5}$	6110 bc	2394	7942.4	5358.65
5	$N_{105}K_{112.5}$	6065 bc	2349	7883.9	5720.15
6	$N_{210}K_{57.5}$	5630 cd	1914	7318.4	5057.15
7	$N_{210}K_0$	5570 cd	1854	7240.4	5035.40
8	$N_{315}K_0$	5505 cd	1789	7156.5	4741.50
9	$N_{105}K_{187.5}$	5440 cd	1724	7072.7	4796.45
10	$N_{315}K_{57.5}$	5305 de	1589	6892.2	4425.95
11	$N_{105}K_{57.5}$	5205 de	1489	6766.5	4715.25
12	$N_{105}K_0$	4788 e	1072	6224.4	4229.40
13	N_0K_0 (CK)	3716 f	—	4832.1	3047.10

注:小麦按 1.3元/kg, N 2元/kg, P_2O_5 2元/kg, K_2O 1.5元/kg, 固定成本按 1650元 \cdot hm⁻² 计算。

将小麦产量 (Y) 与氮 (X_1) 钾 (X_2) 肥用量进行回归分析, 得到施肥的产量模型为: $Y = 3598.695 - 16.6057X_1 + 13.5449X_2 - 0.0371X_1^2 - 0.0548X_2^2 + 0.0069X_1X_2$, 经显著性检验, $F(12, 61) > F_{0.01}(7, 46)$, 达极显著水平。经计算, 最高产量 ($6482.15 kg \cdot hm^{-2}$) 的施肥量为: N $236.6 kg \cdot hm^{-2}$, K_2O $138.32 kg \cdot hm^{-2}$; 经济最佳施肥量为: N $214.8 kg \cdot hm^{-2}$, K_2O $126.5 kg \cdot hm^{-2}$, 经济最佳产量为 $6478.44 kg \cdot hm^{-2}$ 。最佳氮钾配比为: 1.69: 1, 施肥净利润为 3124元 \cdot hm⁻²。

3 小 结

1) 小麦植株体内氮钾元素的含量前期较高, 拔节后随着植株生长加快而呈现出明显的下降趋势, 磷素开花前含量差异较小, 开花后降幅较大。养分吸收的高峰期在拔节至开花期, 该期吸收的氮、磷、钾分别占一生吸收总量的 30%、57% 和 56%, 此期为施肥的最大效率期。

2) 在一定范围内, 小麦养分吸收量与施肥量呈正相关关系, 在该试验条件下, 小麦平均吸收氮、磷、钾的数量分别为 215.4、69.4、218.0 $kg \cdot hm^{-2}$, 吸收氮、磷、钾的比例为 3.10: 1: 3.14, 最佳处理 ($N_{210}K_{112.5}$) 钾肥利用率可达 53.6%, 氮肥利用率为 42.8%。

3) 小麦氮钾肥配合使用增产效果显著, 与单施氮肥相比平均增产 11.8%。每 kg N 可增产小麦 6.5~ 15.8 kg, 每 kg K_2O 可增产小麦 1.6~ 11.1 kg。

4) 氮钾肥产量模型为 $Y = 3598.695 - 16.6057X_1 + 13.5449X_2 - 0.0371X_1^2 - 0.0548X_2^2 + 0.0069X_1X_2$, 经济最佳施肥量为: N $214.8 kg \cdot hm^{-2}$, K_2O $126.5 kg \cdot hm^{-2}$, 氮钾配

比为 1.69: 1, 投产比为 3.5, 施肥利润为 3 124 元 · hm⁻²。

参 考 文 献

- 1 赵国交. 试论南阳地区土壤钾素下降的原因及对策. 河南农业科学, 1990(5): 7~ 8
- 2 金继云. 我国北方土壤缺钾和钾肥应用的发展趋势. 见: 中国农业科学院土壤肥料研究所和加拿大钾磷研究所北京办事处. 北方土壤钾素和钾肥效益. 北京: 中国农业科技出版社, 1994. 1~ 5
- 3 王泽良, 金继云, 王莲池, 等. 北方某些土壤钾素平衡及需钾前景初探. 见: 中国农业科学院土壤肥料研究所和加拿大钾磷研究所北京办事处. 北方土壤钾素和钾肥效益. 北京: 中国农业科技出版社, 1994
- 4 南京农学院主编. 土壤农化分析. 北京: 农业出版社, 1980. 191~ 196
- 5 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析. 上海: 上海科学技术出版社, 1987. 76~ 126
- 6 苗艳芳, 李友军, 付国占, 等. 不同氮钾配比对冬小麦增产效应的研究. 麦类作物, 1998(2): 37~ 40

Influence of Nitrogen and Potassium Fertilizers on Nutrient Assimilation of Wheat and Yield increase Effect

Miao Yanfang Li Youjun Zhang Huimin Chen Hongjun Chen Mingcan

(Luoyang Agricultural College, Luoyang, Henan 471003)

Abstract Between 1996~ 1997, we made an experiment of N and K-fertilizers with different quantities at the grey area in western Henan Province. The law of assimilation and the effect of wheat yield increase was discussed. The result indicates that there are notable relationships between the quantity of nutrient assimilation and the quantity of the fertilizer in a certain limit. The quantity of wheat assimilating nutrient is from the joining stage to ear emergence stage. The quantities of the wheat assimilating nutrient of N, P and K are 215.4, 69.4 and 218.8 kg per hectare respectively. The proportion of N, P and K is 3.10: 1: 3.14. The yield model of the N and K fertilizers is $Y = 3598.695 + 16.6057x_1 + 13.5449x_2 - 0.037x_1^2 - 0.0548x_2^2 + 0.0069x_1x_2$, The economical and reasonable quantities of N and K fertilizers application are 214.8 kg and 126.5 kg per hectare respectively and the proportion of N and K is 1.69: 1. The yield of wheat is averagely increased by 11.8% by average.

Key words nitrogen and potassium fertilizer cooperating, assimilation of nutrient, effect of increasing yield