

小麦 玉米带田不同用量氮肥残效及回收率*

李 隆 张丽慧 金绍龄 孙宁科 马永泰 索东让 吴国菁

(甘肃省农科院土肥所,兰州 730070)

(张掖地区农科所,张掖 734000)

摘 要 3年小麦 玉米带田定位试验研究明确了① 每公顷总量分别为 450 900和 1350 kg N的氮肥第 1年一次性施用和分年施用的增产效果,每公顷 450 kg左右 N为带田适宜施氮量;② 一次性施用氮肥后的残效,影响残效大小及持续性的主要因素是氮肥用量及土壤保肥性;③ 不同用量及不同分配方式氮肥的当年利用率比累积利用率低 5.7%~ 2.0%,评价氮肥利用率的高低时,应将残效考虑在内;④ 等量氮肥分年施用与一次性施用相比,增产效果及氮肥利用率高得多。

关键词 带状间作,氮肥残效,氮回收率,氮肥

中图分类号 S143.1, S158.3, S344.2

氮肥施入土壤后,除被作物吸收利用及损失外,尚有部分残留于土壤中。研究表明,一季作物之后的残留氮常常占施氮量的 15%~ 30%,甚至更多^[1]。关于残留氮的后效多是用¹⁵N同位素进行盆栽试验或微区试验获得的。应用¹⁵N同位素试验证明了氮肥存在残效^[2,3],对冬小麦—夏玉米轮作体系中小麦所施氮肥残效的研究表明,残效随前茬施氮量增加而增加^[4],但这仅是一年内两季作物的观测结果。在甘肃河西走廊大面积种植的小麦 玉米带田施氮量较高,一般推荐施纯氮 480~ 540 kg/hm²,实际施用量有时更高,其后效及氮的回收率是人们关心的问题。因此,从 1992年开始,作者在土壤肥力不同的两个点上进行了 3年的田间定位试验,目的在于明确小麦 玉米带田不同施氮水平及氮肥不同分配方式的残效及回收率,为带田合理施用氮肥提供依据。

1 材料和方法

1.1 供试土壤

试验于 1992~ 1994年分别在张掖地区农科所和临泽县平川乡四二村进行,土壤均为灌漠土。张掖点为粘壤土,临泽点为砂壤土。第 1年张掖点不施氮小区产量占施氮(施纯氮 450 kg/hm²)小区产量的 59.3%,临泽点为 51.3%,说明张掖点土壤供氮能力相对高些。

1.2 种植方式及供试作物

采用当地大面积应用的小带田种植方式,即 0.70 m小麦(6行)+ 0.80 m玉米(2行)组合。小麦品种为张春 11号,密度 525万株/hm²;玉米品种为中单 2号,密度 75000株/hm²。张掖点小麦 3月下旬播种,7月下旬收获;玉米 4月下旬播种,9月下旬至 10月上旬收获。临泽点小麦 3月中旬播种,7月上旬至中旬收获;玉米 4月中旬播种,9月中旬至

收稿日期: 1996-04-10

* 甘肃省科委资助项目

下旬收获 张掖点玉米带 年均覆地膜 ,临泽点均未覆膜

1.3 试验方案

试验处理见表 1.氮肥的 1/2于播前作为小麦、玉米的基肥施用 ,另 1/2分两次于玉米拔节期和大喇叭口期追施于玉米行间。氮肥处理均在每年 75000 kg /hm²土粪和 225 kg /hm² P₂O₅肥底上进行 ,并以该肥底作对照 (CK),收获时以中间带计产 ,以消除小区边际效应的影响

表 1 各处理施纯氮量 kg /hm²

处 理	1992	1993	1994
N ₀	0	0	0
N ₄₅₀	450	0	0
N ₉₀₀	900	0	0
N ₁₃₅₀	1350	0	0
N _{3× 150}	150	150	150
N _{3× 300}	300	300	300
N _{3× 450}	450	450	450

试验重复 3次 ,随机区组排列 ,小区面积 26. 7 m².

1.4 氮收获指数及氮利用效率的计算

$$\text{N 收获指数} = \frac{\text{籽粒纯 N (kg /hm}^2\text{)}}{\text{植株地上部纯 N (kg /hm}^2\text{)}}$$
$$\text{N 利用效率} = \frac{\text{地上部生物量 (kg /hm}^2\text{)}}{\text{植株吸收纯氮量 (kg /hm}^2\text{)}}$$

2 结果及分析

2.1 氮肥在当季作物上的增产效果

小麦玉米带田施氮肥具有明显的增产效果 ,施纯氮 150~ 1350 kg /hm² ,在张掖和临泽两点 ,当季分别提高产量 59. 60% ~ 75. 70%和 79. 9% ~ 110. 9% .从当年产量来看 ,施纯氮超过 450 kg /hm² ,并不能进一步增加产量。

间作中两种作物对氮素肥料的敏感性不同 ,增加施氮量对小麦的增产效果不很明显。施氮与不施氮比较 ,小麦仅增产 15. 3% ~ 26. 8% (张掖点)和 1. 9% ~ 25. 7% (临泽点) ;而玉米增产达 88. 6% ~ 122. 7% (张掖点)和 128. 4% ~ 198. 0% (临泽点) ,这说明 ,小麦玉米带状间作中 ,作物产量对氮肥的依赖性很大 ,其中尤以玉米更甚 (表 2)

表 2 氮肥的当季增产效果 (1992) kg /hm²

处理	张掖点			临泽点		
	小麦	玉米	带田	小麦	玉米	带田
N ₀ (CK)	3525	4095	7620	3975	4440	8415
N ₄₅₀	4470	8370	12840	4395	12000	16395
N ₉₀₀	4200	8535	12735	4515	13230	17745
N ₁₃₅₀	4185	8685	12870	4680	12045	16725
N _{3× 150}	4440	7725	12165	4995	10140	15135
N _{3× 300}	4450	9045	13500	4050	11835	15885
N _{3× 450}	4065	9870	13935	4875	11730	16605

2.2 氮肥在第 2, 3 年的残效

氮肥具有较明显的后效, 第 2 年和第 3 年仍比对照增产 14. 2% ~ 92. 3% . 氮肥后效随前茬施氮量的大小而不同, 前茬用量较大时, 后效则较为明显. 第 1 年施纯氮 450 kg / hm², 第 2 年的残效为 14. 2% ~ 34. 6% ; 当第 1 年施纯氮 900 kg / hm² 以上时, 第 2 年的后效为 48. 1% ~ 71. 2% , 达显著水平 (表 3) . 氮肥后效随时间延长而逐渐下降, 如张掖点, 第 1 年施纯氮 450 kg / hm², 第 2 年仍增产 34. 6% , 至第 3 年时则为 23. 2% , 其它处理也与此类似.

从表 3 还可看出, 氮肥后效的大小还与土壤保肥能力有关, 张掖点的供试土壤为粘壤土, 临泽点为砂壤土, 在同量氮处理条件下, 如处理 N₄₅₀, 前者在第 3 年时仍能观察到后效, 后者则无.

		表 3 氮肥的残效在作物产量上的表现			kg / hm ²		
地 区	处 理	1993			1994		
		小麦	玉米	带田	小麦	玉米	带田
张 掖	CK	1875 d	4305 c	6180 e	1890 d	2742 c	4632 c
	N ₄₅₀	2662 cd	5657 bc	8318 de	1983 cd	3720 c	5704 bc
	N ₉₀₀	3687 abc	6897 bc	10582 cd	2787 bc	4264 bc	7054 b
	N ₁₃₅₀	4413 a	7485 b	11898 bc	2888 b	3862 c	6750 bc
	N ₃₀₀ 150	2918 bcd	10836 a	13754 ab	3650 ab	5884 ab	9532 a
	N ₃₀₀ 300	3874 ab	11160 a	15000 a	4100 a	5782 ab	9882 a
	N ₃₀₀ 450	3412 abc	12026 a	15438 a	3950 a	6837 a	10785 a
	CK	2866 d	1946 f	4812 f	1440 d	5520 b	6960 c
临 泽	N ₄₅₀	3200 d	2733 e	5933 e	1702 cd	4988 b	6690 c
	N ₉₀₀	4666 bc	3014 de	7680 d	1983 c	5588 b	7570 c
	N ₁₃₅₀	4467 c	3014 d	7947 d	1906 c	5396 b	7302 c
	N ₃₀₀ 150	4426 c	5841 c	10268 c	2418 b	11218 a	13636 b
	N ₃₀₀ 300	4960 ab	8266 b	13227 b	3663 a	10804 a	14468 ab
	N ₃₀₀ 450	5174 a	8986 a	14160 a	3476 a	11636 a	15111 a

等量氮肥, 3 年分施, 增产效果优于第 1 年一次施用, 如处理 N₃₀₀ 150, 3 年平均产量为 11817~ 13012 kg / hm², 显著高于处理 N₄₅₀ 的 8940~ 9672 kg / hm², 处理 N₉₀₀ 和 N₁₃₅₀ 与 N₃₀₀ 300 和 N₃₀₀ 450 也有同样趋势.

带状小麦玉米间作中, 第 1 年所施氮肥, 其后效在第 2 年对小麦的增产效果优于玉米, 小麦增产为 11. 6~ 135. 4% , 而玉米为 17. 8% ~ 73. 9% . 这可能与间作中两种作物对氮的竞争力差异^[5] 有关. 到第 3 年, 这种现象已不很明显.

应当指出, 氮肥的实际残效比表现的小, 因为对照的产量是不断下降的. 另外, 一次施用纯氮 1350 kg / hm², 在张掖和临泽点 3 年的总产量分别为 31518 和 31974 kg / hm², 而每年施用纯氮 150 kg / hm², 总产分别达 3545 和 39039 kg / hm². 说明氮肥虽有残效, 但对保证带田高产的作用有限, 农学意义不大.

2.3 连续种植小麦 / 玉米带田对氮的吸收和利用

2.3.1 小麦 / 玉米带田当季对氮肥的吸收利用 ① 氮的吸收和转换 由表 4 可见, 在张掖处理 N₁₅₀ 和 N₃₀₀, 小麦的吸氮量 (127. 6, 132. 3 kg / hm²) 即达到处理 N₄₅₀ (128. 6 kg / hm²) 的水平; 处理 N₉₀₀, 虽然施氮量增加 1 倍, 吸氮量仅提高了 8. 4% . 进一步增施氮量, 反而降低了小麦的吸氮量. 可见, 仅就小麦而言, 间作系统施纯氮 150~ 300 kg / hm², 即可满

足其氮营养需求

此外,从间作玉米的氮吸收量、氮收获指数、籽粒需氮量、氮利用效率及作物产量等指标综合分析(表 4、表 5),推荐施氮量 450 kg /hm²,在满足当季小麦玉米需氮及氮的经济利用等方面都是比较合理的

表 4 氮肥用量对间作小麦当季氮吸收利用的影响 (1992)

地 点	施氮量 ¹⁾ (kg /hm ²)	小麦含氮(%)		小麦吸氮量 (kg /hm ²)			籽粒需氮量 (g /kg)	氮收获 指 数	氮利用 效 率
		籽粒	秸秆	籽粒	秸秆	小计			
张掖	0	2.23	0.55	78.6	17.2	95.8	27.2	0.82	69.4
	150	2.18	0.70	96.8	30.9	127.6	28.8	0.76	69.3
	300	2.18	0.76	97.0	35.2	132.3	29.7	0.73	68.7
	450 ²⁾	2.21	0.77	94.0	34.5	128.6	30.2	0.74	68.4
	900	2.25	0.98	94.5	44.8	139.4	33.0	0.68	62.9
	1350	2.23	0.90	93.3	42.6	135.9	32.5	0.69	65.7
临泽	0	1.77	0.41	70.4	17.1	87.4	22.0	0.80	93.0
	150	1.99	0.27	99.4	12.2	111.6	22.3	0.29	85.2
	300	2.19	0.38	116.7	26.6	144.6	35.7	0.82	85.5
	450 ²⁾	2.16	0.46	100.0	34.2	134.2	29.0	0.75	90.4
	900	2.34	0.54	105.4	37.0	142.5	31.6	0.74	79.8
	1350	2.39	0.55	111.9	37.0	149.0	31.8	0.75	76.7

注: 1)指第 1 年的施纯氮量; 2)处理 N₄₅₀和 N₃₄₅₀的平均值(下表同)

表 5 氮肥用量对间作玉米当季氮吸收利用的影响

地 点	施纯氮量 ¹⁾ (kg /hm ²)	玉米含氮(%)		玉米吸 N 量 (kg /hm ²)			籽粒需 N 量 (g /kg)	氮收获 指 数	氮利用 效 率
		籽粒	秸秆	籽粒	秸秆	小计			
张掖	0	1.16	0.70	47.6	36.9	84.4	20.6	0.56	111.0
	150	1.40	0.63	108.2	51.3	159.4	20.6	0.68	99.4
	300	1.32	0.66	119.4	57.9	177.3	23.5	0.67	100.5
	450 ²⁾	1.47	0.86	134.2	78.8	213.0	23.4	0.63	86.1
	900	1.66	0.80	141.6	79.8	221.4	25.9	0.64	83.6
	1350	1.56	1.03	135.4	80.2	215.7	24.8	0.63	76.4
临泽	0	1.69	0.45	45.3	20.0	65.2	14.7	0.69	142.4
	150	1.78	0.28	103.4	33.2	136.5	13.5	0.76	155.4
	300	1.84	0.38	139.5	31.2	170.7	14.4	0.82	142.4
	450 ²⁾	1.83	0.34	153.6	38.2	191.8	16.2	0.80	123.1
	900	2.02	0.44	162.9	44.6	207.4	15.7	0.79	121.7
	1350	1.98	0.45	151.6	42.0	194.0	16.1	0.78	122.3

② 小麦玉米间作系统氮的当季回收率 从表 6 可以看出,作物对氮的当季回收率随施氮量提高而下降。施氮量较低时,氮肥的当季回收率比较高。如施纯氮 150 kg /hm²为 63.6% ~ 71.2%,施纯氮 300 kg /hm²为 43.1% ~ 54.2%,施纯氮 450 kg /hm²为 35.8% ~ 38.5%,当施纯氮量增高到 900 和 1350 kg /hm²时,当季回收率下降至 12.7% ~ 21.9%。由此可见,氮肥当季回收率与氮肥用量有关。

表 6 小麦 玉米带状间作对氮的当季回收率 (1992)								kg /hm ²
施纯氮量 (kg /hm ²)	张 掖				临 泽			
	小麦 吸 N量	玉米 吸 N量	合计	回收率 %	小麦 吸 N量	玉米 吸 N量	合计	回收率 %
0	95. 8	84. 4	180. 3	—	87. 4	65. 2	152. 7	—
150	127. 6	159. 4	287. 1	71. 2	111. 6	136. 5	248. 1	63. 6
300	132. 3	177. 3	309. 6	43. 1	144. 6	170. 7	315. 3	54. 2
450	128. 6	213. 0	341. 6	35. 8	134. 2	191. 8	326. 1	38. 5
900	139. 4	221. 4	360. 8	20. 1	142. 5	207. 4	350. 0	21. 9
1350	135. 9	215. 7	351. 6	12. 7	149. 0	194. 0	342. 9	14. 1

2.3.2 氮肥的累积回收率 应用差减法计算的氮回收率见表 7.从表 7可以看出,第 1年所施氮肥,能被第 2年两种作物吸收利用,在临泽和张掖两点均有此特点.第 2年吸收的肥料氮占第 1年所施氮肥的 3. 6% ~ 13. 3%,其中张掖点为 10. 9% ~ 13. 3%,临泽点为 3. 6% ~ 8. 9%.到第 3年,张掖点仍有 5. 1% ~ 6. 7%的回收率,而临泽点的回收率则接近 0(— 1. 2% ~ 1. 6%).间接地说明氮肥施入土壤后在保肥性好的土壤条件下有少部分可残留到第 3年被利用;而在保肥力差的土壤条件下,只能保持 2年.

表 7 3年氮肥的吸收和利用情况											kg /hm ²
地 点	处 理	1992 回收率 (%)	1993				1994				三年回收 率合计或 平均 (%) [*]
			小麦 吸 N量	玉米 吸 N量	合计	回收率 (%)	小麦 吸 N量	玉米 吸 N量	合计	回收率 (%)	
张掖	N ₀	—	41. 2	74. 0	115. 2	—	46. 0	38. 6	84. 6	—	—
	N ₄₅₀	35. 8	69. 4	105. 4	174. 9	13. 3	49. 5	65. 2	114. 8	6. 7	55. 8
	N ₉₀₀	20. 1	103. 0	114. 4	217. 5	11. 4	73. 0	69. 6	142. 6	6. 5	37. 9
	N ₁₃₅₀	12. 7	125. 2	136. 5	261. 8	10. 9	77. 1	75. 8	152. 8	5. 1	28. 6
	N _{3× 150}	71. 2	81. 0	190. 8	271. 8	104. 4	95. 2	131. 6	226. 8	94. 8	90. 1
	N _{3× 300}	43. 1	97. 0	205. 8	302. 8	62. 6	121. 2	133. 0	254. 2	56. 6	54. 1
	N _{3× 450}	35. 8	95. 4	235. 6	331. 0	48. 0	117. 0	166. 0	283. 0	44. 1	42. 6
临泽	N ₀	—	56. 7	37. 2	93. 9	—	34. 8	73. 0	107. 8	—	—
	N ₄₅₀	38. 5	68. 8	41. 1	110. 0	3. 6	39. 2	64. 2	103. 9	— 1. 0	41. 4
	N ₉₀₀	21. 9	119. 4	54. 6	174. 0	8. 9	46. 5	72. 2	118. 6	1. 2	32. 0
	N ₁₃₅₀	14. 1	117. 2	52. 2	169. 4	5. 6	40. 0	70. 0	109. 8	0. 1	19. 8
	N _{3× 150}	63. 6	102. 6	86. 4	182. 6	59. 1	59. 2	160. 6	219. 9	74. 7	65. 8
	N _{3× 300}	54. 2	118. 2	121. 0	239. 2	48. 5	84. 3	174. 4	258. 8	50. 3	51. 0
	N _{3× 450}	38. 5	125. 7	136. 4	262. 0	37. 4	90. 0	198. 4	288. 4	40. 1	38. 6

注: * 处理 N₄₅₀, N₉₀₀, N₁₃₅₀为累积利用率,处理 N_{3× 150}, N_{3× 300}, N_{3× 450}为 3年平均值.

第 1年一次性施用的氮,除当季利用外,经过其后一年或两年的作物利用,氮肥回收率还能提高 5. 7% ~ 20%,特别是一次施用纯氮 450 kg /hm²,经后两年的作物吸收利用,回收率由当季的 32. 1%提高到 52. 1%,但是临泽点的增加幅度却很小,充分说明了提高土壤保肥能力在提高氮肥利用率中的作用.

等量氮肥,分年施用和一次性施用的回收率悬殊,前者明显地优于后者.如比较处理 N₄₅₀和 N_{3× 150},每年施纯氮 150 kg /hm²处理,氮肥平均回收率 65. 9% ~ 90. 1%,而第 1年一次施纯氮 450 kg /hm²,累积回收率也只有 39. 4% ~ 52. 1%.处理 N_{3× 300}和 N₉₀₀, N_{3× 450}和 N₁₃₅₀的比较结果也说明,氮肥分施的回收率均高于一次性施用者.进一步证明,要保证带

田高产应该年年投入适量氮肥

2 4 小麦 玉米连续间作 3年后土壤碱解氮的变化

由表 8可以看出: N₄₅₀, N₉₀₀, N₁₃₅₀处理, 3年后 0~ 20, 20~ 40, 40~ 60 cm土层碱解氮含量均略高于相应的不施氮处理 (CK),折算成每公顷 0~ 60 cm土层的含氮量时,基本接近. ②但将 450, 900和 1350 kg /hm²纯氮分 3年平均施用时,三个土层的碱解氮含量分别比对照提高了 30~ 46, 21~ 35和 20~ 38 mg /kg,约相应于每层分别增加纯氮 67. 5~ 103. 5, 46. 5~ 85. 5和 15. 0~ 85. 5 kg /hm², 0~ 60 cm土层共增加 159. 0~ 274. 5 kg /hm².可见,在当地土壤气候条件下一次施入纯氮 900~ 1350 kg /hm²时,损失是比较严重. 说明一次大量施用,尤其是超高量施用氮肥,远不如每季适量施用为好.

表 8 小麦 玉米间作 3年土壤中碱解氮含量的变化

处理	0~ 20 cm		20~ 40 cm		40~ 60 cm		0~ 60 cm
	含量 (mg /kg)	数量 (kg /hm ²)	含量 (mg /kg)	数量 (kg /hm ²)	含量 (mg /kg)	数量 (kg /hm ²)	数量 (kg /hm ²)
N ₀	84	189	55	124	43	98	411
N ₄₅₀	85	192	62	140	49	111	443
N ₉₀₀	85	192	57	129	50	112	433
N ₁₃₅₀	88	198	55	124	45	102	424
N _{3× 150}	114	256	76	171	63	142	569
N _{3× 300}	125	282	90	202	72	162	646
N _{3× 450}	130	292	93	210	81	183	685

3 结 论

1)小麦 玉米带田 (特别是其中的玉米)施用氮肥时,可获得极显著的增产效果. 但施纯氮 150~ 1350 kg /hm²未表现出显著差异. 综合比较结果,施纯氮 450 kg /hm²比较适宜,定量氮肥 3年分次施用的效果优于 1次施用.

2)每公顷施纯氮 450~ 1350 kg,第 2, 3季均有较明显的残效,第 2年可增产 14. 2% ~ 92. 5%,第 3年增产 4. 9% ~ 52. 3%. 氮肥残效的大小及持续性随施氮量的增加和土壤保肥力的增强而增大

3)氮肥当年的回收率随施氮量的增大而减小,每公顷施纯氮 150 kg的回收率高达 63. 0% ~ 71. 2%,施 1350 kg回收率仅 12. 7% ~ 14. 1%. 3年累积回收率具有同样规律.

4)氮肥残效的农学意义及应用价值都是十分有限的.

参 考 文 献

1 金绍龄. 化学肥料的残效及其农学意义. 甘肃农业科技, 1991(2): 21~ 23
2 史后贤. 氮素化肥在水旱田的残留效应. 江苏农业科学, 1984(2): 32~ 34
3 黄东迈. 有机无机态肥料氮在水田和旱地的残留效应. 中国科学 (B辑), 1982(10): 907~ 910
4 李志宏, 王兴仁, 曹一平. 冬小麦—夏玉米轮作条件下氮肥后效的定量研究. 北京农业大学学报, 1995, 21(增刊): 29 ~ 32
5 李 隆. 小麦玉米带状间作氮营养吸收和利用效率研究. 西北农业大学硕士学位论文, 陕西杨陵: 西北农业大学,

- 6 李 隆, 邱进怀. 小麦地膜玉米带田玉米施氮时期对其产量及吸氮生理的影响. 西北农业学报, 1993, 2(1): 51~ 55
- 7 金振玉, 周祖澄. 硝酸铵在旱地土壤中后效的研究. 吉林农业大学学报, 1989, 11(2): 66~ 71

Residual Effects and Recovery Rate of N Fertilizer in Wheat /Maize Strip Intercropping

Li Long¹ Zhang Lihui¹ Jin Shaoling¹ Sun Ningke²
Ma Yongtai² Suo Dongrang² Wu Guoqing²

(¹ Institute of Soil and Fertilizer, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou, 730070)

(² Zhangye Research Institute of Agricultural Sciences, Zhangye, 734000)

Abstract 3-year wheat /maize strip intercropping field experiments showed^① Rational rate of N fertilizer application in the first year with single application or application in years was 450 kg N /hm² for wheat /maize strip intercropping;^② The key factors of residual effects and sustain after one-time application of N fertilizer depend mainly on the application amount of N and soil nutrient holding capacity;^③ The first-year utilization ratio of N fertilizer with different application amount and differently distributive application ways is 5. 7~ 20. 0% lower than that of accumulative utilization, and the residual effects should be taken into consideration when the utilization ratio is evaluated;^④ Application of certain amount of N fertilizer in years had much better results than single application only in the first year.

Key words wheat /maize strip intercropping, residual effects of N fertilizer, N recovery ratio, N fertilizer