

石灰性土壤地区小麦氮肥施用技术研究

周 祥 秦光蔚 辛海宁 刘中秀 薛德海 刘金根
(江苏省盐城市土肥站 盐城 224002) (江苏省盐城农业学校)

摘 要 研究表明,本试验条件下,施 N 量 $< 300\text{kg} \cdot \text{N}/\text{hm}^2$ 时, N 肥对小麦株高、1~5 节间长度、上部叶片长度、分蘖、穗数、粒数、产量有显著的正效应,对粒重效应不明显;施 N 量 $> 300\text{kg} \cdot \text{N}/\text{hm}^2$ 时, N 肥对株高、1~5 节间长度、穗数、粒数的效应不明显,对倒 3、4、5 叶片长度仍有一定的正效应,对粒重和产量有显著的负效应。适当扩大中后期施肥比例,对株高、后期叶片、粒数、粒重和成穗率有正效应,对前期叶片、分蘖和穗数有一定负效应;扩大前期施肥比例,对前期叶片、分蘖、穗数有正效应,对株高的效应不明显,对成穗率、粒数、粒重有负效应。最佳产量结构和最高产量时的施 N 量为 $254.0\text{kg} \cdot \text{N}/\text{hm}^2$, 分配方式为基肥:苗肥:腊肥:拔节孕穗肥:粒肥等于 3:2:0:3:2 或 4:2:0:2.5:1.5。

关键词 石灰性土壤;小麦;N 肥;用量;分配

广大农民缺乏平衡施肥知识,使得在旧的栽培技术和生产条件下形成的小麦施肥习惯至今未能明显改变, N 肥用量过高、前期施用比例过大的现象仍然普遍存在。PK 肥、化调技术和群体质量栽培技术的应用,对小麦氮肥施用技术提出了新的要求。鉴于此,我们研究了石灰性土壤地区小麦精量播种条件下 N 肥最佳用量和运筹方法,旨在为改变小麦旧施肥习惯提供理论与实践依据。

1 材料与方法

试验设在江苏省盐城农业学校试验场内,年降雨量约 1000mm,年均温 14 左右,属亚热带与暖温带过度气候。试验田前茬为迟熟中粳稻。供试土壤为盐潮土,质地中壤,石灰反应强,含有机质 17.4g/kg,全 N 1.18g/kg,碱解 N 83mg/kg,有效 P 6.5mg/kg,速效 K 87mg/kg。供试小麦品种(系)为宁资 18,发芽率 80%,10 月 26 日旋耕,28 日整地播种,播种量 $75\text{kg}/\text{hm}^2$,行距 25cm,东西向。11 月 5 日出苗,27 日进入分蘖期,次年 2 月 18 日生物学拔节,3 月 15 日物候学拔节,4 月 20 日前后抽穗,6 月 5 日收获。

氮肥用量试验设 7 个处理,分别用纯 N(kg/hm^2): $N_0 0.0, N_1 75.0, N_2 150.0, N_3 225.0, N_4 300.0, N_5 375.0, N_6 450.0$ 。按基肥:苗肥:拔节孕穗肥:粒肥 4:2:3:1 的比例施用。

氮肥运筹试验设 5 个处理,基肥:苗肥:腊肥:拔节孕穗肥:粒肥分别为: 5:1:2:2:0, 5:1.5:0:2:1.5, 4:2:0:2.5:1.5, 3:2:0:3:2, 2:2:0:4:2。N 肥用量均为 $270\text{kg}/\text{hm}^2$ 纯 N。

两试验小区面积均为 30m^2 ,随机区组排列,各小区均用四级过磷酸钙(含 P_2O_5 12%) $750\text{kg}/\text{hm}^2$ 、氯化钾 $225\text{kg}/\text{hm}^2$ 作基肥,不施有机肥, N 肥品种均为尿素。除粒肥是叶面喷施,其它均为土壤施肥。各小区其他农艺措施同大田生产,均匀一致。

2 结果与分析

2.1 氮肥施用技术对小麦植株性状的影响

2.1.1 对株高和节间长度的影响 试验结果表明, N 肥用量及其分配方式影响小麦株高和节间长度, 但影响程度与规律不同(表 1)。小麦株高(齐苗后同一处理的 3 个小区选择长势一致的 0.5m^2 的小麦定株测试平均值)随 N 肥用量的增加而增加, 当 N 肥用量达到 $300\text{kg}/\text{hm}^2$ (处理 N_4) 时, 株高达最大值。此后增加 N 肥用量, 对株高无明显影响。N 肥运筹试验处理、 之间小麦株高基本无差异, 处理、 株高略高于其他 3 个处理。说明适当增加苗肥和拔节孕穗肥施用比例, 能促进小麦生长, 增加小麦株高。

表 1 N 肥施用技术对小麦株高和节间长度的影响(单位: cm)

试验 考察 项目	处理	N 肥 用 量						N 肥 分 配 方 式					
		N_0	N_1	N_2	N_3	N_4	N_5	N_6					
株 高		81.5	90.6	95.2	96.9	99.9	98.0	98.9	94.5	94.0	98.0	96.1	94.5
第 1 节间		3.7	5.0	5.1	5.7	5.7	5.4	5.6	4.4	5.0	5.2	5.3	4.6
第 2 节间		7.8	9.5	10.2	10.6	10.4	10.7	11.3	10.1	9.6	10.7	9.9	9.2
第 3 节间		12.3	14.7	15.5	15.6	15.9	15.8	16.0	14.5	14.9	15.7	15.0	14.7
第 4 节间		21.2	23.0	23.7	24.0	23.8	23.6	23.8	23.5	23.2	24.1	23.7	23.7
第 5 节间		27.1	28.6	30.1	31.3	31.3	31.0	30.6	31.5	30.5	30.2	32.5	32.0

从表 1 中可以看出, N 肥用量对小麦节间长度(齐苗后同一处理的 3 个小区选择长势一致的 0.5m^2 的小麦定株测试平均值)影响的绝对值随着节位的上升而增大, 相对值随着节位的上升而下降。 N_3 处理与 N_0 处理相比较, 第一、二、三、四、五节间长度分别增加 2.0、2.8、3.3、2.8、4.2cm, 分别相对增 54.0、35.9、26.8、13.2、15.5%。N 肥分配方式对不同部位的节间长度影响规律不太明显, 但似乎在某一节间伸长时, N 肥供应充足, 有利于该节间的伸长。

2.1.2 对上部叶片面积的影响 从表 2 看出, 随着 N 肥用量的增加, 小麦上部 5 张叶片面积增加。主要表现在增加 N 肥用量能增加叶片的长度, 但 N 肥用量对叶片宽度的影响似乎不明显。N 肥用量对不同部位叶片长度的影响不同。当氮肥用量达到 N_3 、 N_4 水平 ($225 \sim 300\text{kg} \cdot \text{N}/\text{hm}^2$) 时, 对剑叶和倒二叶长度的影响达最大值, 此后继续增加 N 肥用量基本不影响剑叶和倒二叶长度, 但仍增加倒三、倒四和倒五叶长度。

从表 2 中还看出, N 肥分配方式对叶片的生长也有影响。前期施肥比例大, 促进前期叶片生长; 后期施肥比例大, 促进后期叶片生长。

2.2 氮肥施用技术对小麦茎蘖动态的影响

表 3 考察资料表明, 适当增加 N 肥用量, 显著促进小麦分蘖; 但过量施 N 肥, 不仅不能继续促进小麦分蘖, 而且有限制小麦分蘖的趋势。从表 3 中数据(齐苗后同一处理的 3 个小区选择长势一致的 0.5m^2 的小麦定株测试平均值)看出, 当 N 肥用量在 $N_3 \sim N_4$ 水平 ($225 \sim 300\text{kg} \cdot \text{N}/\text{hm}^2$) 时, 最有利于麦苗分蘖。

氮肥分配方式对小麦分蘖也有明显的影响。前期施肥比例越大, 小麦分蘖速度越快, 这种现象在冬前表现得不如冬后明显。表明提高前期施肥比例主要促进冬后分蘖。小麦高峰苗最多的处理是 和 , 成穗率随后期施肥比例的提高而提高。

表2 N肥施用技术对小麦上部叶片长宽的影响(单位: cm)

试验 处理	N 肥 用 量							N 肥 分 配 方 式					
	N ₀	N ₁	N ₂	N ₃	N ₄	N ₅	N ₆						
叶片													
剑叶长度	17.57	19.20	19.77	23.17	22.17	20.59	23.94	21.10	20.07	19.38	19.34	16.95	
宽度	1.68	1.72	1.70	1.82	1.86	1.87	1.79	1.91	1.81	1.66	1.61	1.56	
倒二叶长度	26.17	27.97	27.56	32.70	30.75	30.65	28.71	29.47	28.09	26.16	26.55	25.2	
宽度	1.62	1.57	1.57	1.66	1.65	1.70	1.61	1.62	1.66	1.476	1.49	1.44	
倒三叶长度	23.45	24.78	23.57	26.06	26.73	28.48	27.48	25.27	25.89	22.08	23.66	23.05	
宽度	1.43	1.35	1.41	1.39	1.47	1.43	1.41	1.4	1.45	1.32	1.31	1.36	
倒四叶长度	19.33	19.99	20.6	18.98	20.52	22.23	22.29	19.73	20.39	16.54	18.87	19.87	
宽度	1.15	1.12	1.28	1.12	1.19	1.25	1.26	1.19	1.33	1.14	1.19	1.15	
倒五叶长度	15.43	15.62	16.76	14.54	15.95	18.07	18.85	16.01	17.44	15.02	15.4	16.64	
宽度	0.98	0.75	1.01	0.95	1.15	0.89	1.40	1.19	0.99	0.78	0.95	1.0	

表3 N肥施用技术对小麦茎蘖动态的影响(单位: 万茎蘖/hm², %)

试验 考察 时间	N 肥 用 量							N 肥 分 配 方 式				
	N ₀	N ₁	N ₂	N ₃	N ₄	N ₅	N ₆					
基本苗	137.4	138.0	138.3	138.2	139.1	137.0	137.7	138.2	138.8	137.9	138.2	138.2
12/20	204.9	213.0	227.7	233.7	241.8	201.0	235.2	235.2	258.8	235.2	224.1	222.3
3/20	621.5	753.3	866.7	1000.1	919.4	872.1	929.4	921.5	870.8	831.5	817.4	734.7
4/2	418.7	592.1	700.1	917.3	865.4	824.7	901.4	938.7	717.5	753.5	603.9	529.4
4/21	267.9	350.6	401.9	498.8	464.0	496.1	524.1	489.3	429.3	460.1	380.0	436.1
成穗率	31.0	36.0	38.9	36.6	40.9	44.0	39.5	37.7	37.9	38.6	39.8	42..5

2.3 氮肥施用技术对小麦经济性状的影响

2.3.1 对小麦产量构成因素的影响 从表4看出, N肥用量对小麦单位面积有效穗数的影响非常明显。小麦单位面积有效穗数随着N肥用量的增加而增加。当N肥用量达到N₄水平(300kg·N/hm²)时, 穗数达最大值376.5万穗/hm², 是对照区的2倍。随后继续增加N肥用量对小麦有效穗的影响不明显, 并有减少穗数的趋势。N肥对每穗粒数的影响与对有效穗的影响趋势基本相同。N肥对千粒重的影响则不同, 在不施N或低N水平下, 小麦千粒重高, 而当N肥用量达到或接近N₃水平(225kg·N/hm²)时, 小麦千粒重开始下降。

表4 N肥施用技术对小麦产量及其构成因素的影响

试验 产量及 其构成	N 肥 用 量							N 肥 分 配 方 式				
	N ₀	N ₁	N ₂	N ₃	N ₄	N ₅	N ₆					
实产(kg/hm ²)	2493.0	3783.0	4855.5	5256.0	4812.0	4378.5	3733.5	4531.5	4792.5	5292.0	5472.0	4651.5
理论产量(kg/hm ²)	2545.5	4185.0	5101.5	5488.5	5127.0	4611.0	3937.5	4738.5	5212.5	5505.0	5493.0	4809.0
穗数(万穗/hm ²)	192.75	270.90	337.50	366.45	376.50	383.40	367.05	353.55	330.00	321.00	325.50	312.00
粒数(粒/穗)	34.3	39.6	39.3	41.8	45.6	42.5	40.3	40.7	45.3	47.9	45.0	44.8
千粒重(g)	8.5	38.8	38.5	35.8	29.8	28.3	26.6	32.93	34.9	35.8	37.5	34.4

氮肥分配方式也影响小麦产量结构。提高前期施肥比例(冬前占80%), 能增加小麦穗数, 但减少穗粒数、降低千粒重, 且对粒数、粒重的负效应大于对穗数的正效应。过分提

高后期施肥比例(冬后拔节孕穗肥和粒肥占 50%以上),不仅减少穗数,而且减少粒数、降低粒重。从表 4 看出,协调的产量结构大约为:322.5 万穗 / hm^2 ,每穗 47 粒,千粒重 37.5g,此时 N 肥分配方式取处理 或处理 即基肥 苗肥 腊肥 拔节孕穗肥 粒肥为 4:2:0:2.5:1.5 或 3:2:0:3:2。由此也看出,过去重施腊肥,特别是化肥,其作用不大或没有作用。

2.3.2 对产量的影响 N 肥用量显著影响小麦产量。对照区(不施肥)小麦产量不到施肥区最高产量的一半,仅占 47.4%,从图 1 看出,随着 N 肥用量的增加,小麦产量相应增加,当 N 肥用量达到 $N_3 \sim N_4$ 水平($225 \sim 300 \text{kg} \cdot \text{N}/\text{hm}^2$)时,小麦产量达到最大值。此后,再增加 N 肥用量,小麦产量下降。它们之间呈抛物线相关关系。用计算机拟合得到产量(y)对施 N 量(x)的回归方程式: $y=2541.0+20.3x-0.04x^2$,式中 y、x 单位均为 kg/hm^2 ,方程方差 $F=64.12^{**}$ ($f_{0.01}=18.0$), x 对 y 的相关系数 $R=0.985^{**}$ ($r_{0.01(4,3)}=0.949$),一次项系数方差 $F_x=125.78^{**}$ 、二次项系数方差 $F_x=106.93^{**}$ ($f_{0.01}=21.2$),均达极显著水平,表明施 N 量与小麦产量之间呈极显著相关(抛物性关系)。低氮水平下,增加 N 肥用量,小麦产量显著提高;但随着 N 肥用量的增加,单位 N 肥的增产量显著降低。根据方程算得,当 N 肥用量达到 $254.0 \text{kg}/\text{hm}^2$ 时,小麦获得最高产量 $5120.7 \text{kg}/\text{hm}^2$,此后,继续增加 N 肥用量,小麦产量显著降低。

方差分析结果(表 5),处理间产量差异极显著,而重复(区组)间差异不显著,表明不同 N 肥用量对小麦产量有质的影响,重复间土壤肥力等影响小麦产量的因素相同或相近。从 L.S.R 法多重比较结果(表 6)可知,所有施 N 处理区比不施氮处理区(对照)增产,产量有 1%

表 5 小麦 N 肥用量试验产量方差分析

变异因素	自由度	平方和	方差	F 值	F0.05	F0.01
处理间	6	15738039.3	2623006.5	95.48**	3.00	4.82
重复间	2	49613.8	24806.9	0.90		
误差	12	330039.0	27503.3			
总数	20	16117692.1				

表 6 小麦 N 肥用量试验新复极差测验

处理	平均产量 (kg/hm^2)	差 异 显 著 性											
		5%	1%	5%	1%	5%	1%	5%	1%	5%	1%	5%	1%
$N_3(225.0)$	5256.0	a	A										
$N_2(150.0)$	4855.5	b	AB	a	A								
$N_4(300.0)$	4812.0	b	B	a b	AB	a	A						
$N_3(375.0)$	4378.5	b	B	b	B	b	B	a	A				
$N_1(75.0)$	3783.0	b	B	b	B	b	B	b	B	a	A		
$N_6(450.0)$	3733.5	b	B	b	B	b	B	b	B	a b	AB	a	A
$N_0(0.00)$	2493.0	b	B	b	B	b	B	b	B	b	B	b	B

水平上的显著性; N_3 、 N_2 、 N_4 和 N_5 处理区和 N_6 处理区的产量均有 1%水平上的显著性, N_1 与 N_6 之间产量没有显著差异,说明虽然 N_6 处理施用纯氮达 $450 \text{kg}/\text{hm}^2$,但由于过量施 N,其小麦产量水平只与仅施 $75 \text{kg}/\text{hm}^2$ 纯 N 的 N_1 处理相当; N_3 、 N_2 和 N_4 处理区与 N_5 处理区产量有 1%水平上的显著性; N_3 处理区与 N_4 处理区产量有 5%水平上的显著性,与

N₂处理区产量有1%水平上的显著性。

从试验数据看出，N肥分配方式影响小麦籽粒产量，F测定结果(表7)表明处理间产量差异极显著，不同分配方式对小麦产量影响有质的差别。用L.S.R法进行多重比较选择最佳N肥分配方式。多重比较结果表明(表8)，各处理产量由高到低顺序为 > > > >，处理 与处理 、 、 的产量有1%水平上的显著性，与处理 的产量没有显著差异；处理 与处理 、 的产量有1%水平上的显著性，与处理 的产量有5%水平上的显著性；处理 、 、 之间产量没有显著差异。所以，本试验条件下，小麦最佳N肥分配方式为处理 或 ，即基肥：苗肥：腊肥：拔节孕穗肥：粒肥为 3:2:0:3:2 或 4:2:0:2.5:1.5。

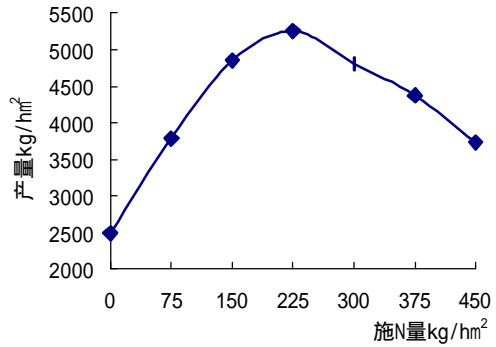


图1 施N量与小麦产量的关系

表7 小麦N肥分配方式试验产量方差分析

变异因素	自由度	平方和	方差	F值	F0.05	F0.01
处理间	4	2036539.7	509134.9	15.22**	3.84	7.01
重复间	2	40340.4	20170.2	0.60		
误差	8	267630.1	33453.8			
总数	14	2344510.2				

表8 小麦N肥分配方式试验新复极差测验

处理	平均产量 (kg/hm ²)	差异显著性							
		5%	1%	5%	1%	5%	1%	5%	1%
	5472.2	a	A						
	5292.2	ab	AB	a	A				
	4792.2	b	B	b	AB	a	A		
	4652.2	b	B	b	B	ab	AB	a	A
	4531.1	b	B	b	B	ab	AB	ab	AB