

钱宏兵,朱德进,于倩倩. 氮素营养水平对中筋小麦扬麦 16 产量和氮素吸收的影响[J]. 江苏农业科学,2013,41(6):71-73.

氮素营养水平对中筋小麦扬麦 16 产量和氮素吸收的影响

钱宏兵, 朱德进, 于倩倩

(江苏省泰州市姜堰区农业委员会, 江苏姜堰 225500)

摘要:2010—2011 年,在江苏省泰州市姜堰区张甸镇三野村潮土上研究了氮素营养水平对中筋小麦扬麦 16 籽粒产量、氮素积累与运转,以及氮肥表观利用率的影响,结果表明,在一定范围内增加施氮量,籽粒产量、植株氮素积累量、籽粒氮素积累量、氮收获指数和氮肥利用率随施氮量增加而提高,超过适宜值则下降。实现 7 000 kg/hm² 左右产量水平时,施氮量宜控制在 243.75 kg/hm²,氮肥表观利用率为 46.57%。

关键词:小麦;籽粒产量;氮肥表观利用率;施氮水平

中图分类号:S512.101 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2013)06-0071-03

小麦是我国的主要粮食作物,因其产量高、稳产性好、品质好、营养价值高,成为我国最重要的商品粮和贮藏粮种^[1]。近年来,随着人们温饱问题解决、生活水平逐步提高,实现“高产、优质、高效、生态、安全”的综合目标,既是我国目前小麦生产的一项重要举措,又是小麦栽培研究面临的一项重要任务,是小麦今后研究的发展方向。一些学者对小麦实现优质、高产条件的氮肥施用技术进行了研究,结果表明,在一定范围之内,籽粒产量随施氮量的增加而提高,超过一定限度后,再增加施氮量,籽粒产量增加不显著,甚至降低^[2-3]。关于适宜施氮量的范围,不同研究之间有很大差异,与具体的地力条件、品种的氮肥利用效率,以及氮肥运筹比例、施肥方式等有很大关系。部分麦区氮肥施用不合理,氮肥利用率较低^[4-6],给环境带来巨大压力。本试验选用当地主栽中筋小麦品种扬麦 16,研究氮素营养水平对其产量、氮素吸收特性及氮肥利用率的调节效应,探讨其优质、高产条件下定量施氮指标,为苏中地区中筋小麦优质、高产、高效、低污染栽培提供理论和实践依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于 2010—2011 年在江苏省泰州市姜堰区张甸镇三野村进行,试验田前茬为水稻,该地土壤为长江冲积物母质,属潮土类高沙土属沙土种。秋播时,0~20 cm 耕层土壤 pH 值为 7.7,有机质、碱解氮、速效磷和速效钾含量分别为 1.16%、62.68 mg/kg、19.56 mg/kg 和 57.6 mg/kg。

1.2 试验设计

采用氮肥单因素效应试验,氮素处理分 7 个水平,处理号依次为 N₀、N₁、N₂、N₃、N₄、N₅ 和 N₆,施氮量依次为 0.00、48.75、97.50、146.25、195.00、243.75 和 292.50 kg/hm²,氮肥

使用纯氮含量为 46% 的尿素。氮肥运筹方式:总氮量的 40% 作基肥、20% 作分蘖肥、40% 作拔节孕穗肥。分蘖肥于 12 月 5 日施用;拔节孕穗肥于 3 月 10 日和 3 月 20 日分 2 次施用,第一次施总氮量的 28%,第二次施 12%。磷肥用过磷酸钙(P₂O₅ 含量 12%),用量为 52.5 kg/hm²,钾肥用 K₂O 含量为 60% 的氯化钾,用量为 90 kg/hm²,磷、钾肥均作基肥一次性施用。2010 年 10 月 28 日播种,2011 年 6 月 1 日全区收获。每小区面积 66.7 m²,随机区组排列,重复 3 次。

1.3 测定项目与测定方法

1.3.1 产量及穗粒结构 于成熟期,每小区田间调查 1.2 m² 的穗数,并收获计实际产量。各小区取样 20 株,进行室内考种,考察单株成穗数、每穗结实粒数、结实小穗数。脱粒后晒干,测千粒重并重复 3 次,测量含水率,换算为 12.5% 水分时的千粒重。

1.3.2 干物质积累量 分别于越冬期、拔节期、孕穗期、开花期、成熟期,每个小区在有代表性的地段上,选取 0.5 m² 面积上的植株,去根,在 105 ℃ 下杀青 30 min,在 80 ℃ 下烘干至恒重后称重,测定生物量。

1.3.3 叶面积 分别于越冬期、拔节期、孕穗期、开花期、成熟期测量小麦的叶长和叶宽,采用长宽系数法测得叶面积,计算叶面积指数。计算公式为:

$$\text{叶面积} = \text{叶长} \times \text{叶宽} \times 0.82;$$

叶面积指数(LAI) = 单位面积总茎蘖数 × 单茎叶面积/单位面积。

1.3.4 植株全氮含量 采集不同生育期植株样本,烘干粉碎,并采用 H₂SO₄-H₂O₂-靛酚蓝比色法测定全氮含量,计算花后氮积累量、花后营养器官氮输出量、氮收获指数、氮肥生产力和氮肥表观利用率。计算公式如下:

各时期氮积累量 = 各时期全氮含量 × 对应时期干物质质量;

花后氮积累量 = 成熟期氮积累量 - 开花期氮积累量;

花后营养器官氮输出量 = 开花期氮积累量 - 成熟期营养器官氮积累量;

氮收获指数(NHI) = 籽粒氮积累量/成熟期植株氮积累量;

氮肥生产力 = 产量/施氮量;

收稿日期:2012-11-03

基金项目:国家测土配方施肥财政补贴资金(编号:苏财农[2011]194号)。

作者简介:钱宏兵(1963—),男,江苏姜堰人,副研究员,主要从事土壤肥料技术与推广工作。Tel: (0523) 88802306; E-mail: 314665656@qq.com。

氮肥表现利用率 = (施氮肥处理的氮收获量 - 未施氮肥处理的氮收获量) / 氮肥施用量 × 100 % 。

1.4 数据统计分析

采用 Excel 建立数据库,用 DPS、SPSS 软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 氮素营养水平对小麦籽粒产量及生物性状的影响

2.1.1 对小麦籽粒产量及产量构成因素的影响 小麦的籽粒产量由穗数、千粒重和穗粒数 3 个因素构成,三者协调发展是获得高产的基础,适量氮素的供应是确保小麦正常生长发育并获得高产的前提。由表 1 可见:施氮量对籽粒产量有显著的调节效应 ($F=72.06^{**}$),增加施氮量可显著提高单位面积穗数,处理间差异达极显著水平 ($F=233.8^{**}$);施氮量对千粒重的影响达显著水平 ($F=5.87^{*}$),随着施氮量的增加,籽粒千粒重基本呈现增加的趋势,当施氮量达到 N_5 处理时,千粒重高达 40.15 g,继续增加施氮量,千粒重反而下降;施氮量对穗粒数的影响亦达极显著水平 ($F=31.3^{**}$),随着施氮量的增加,穗粒数基本呈现增加的趋势,处理 $N_4 \sim N_6$ 的穗粒数差异不显著;施氮量达到 N_6 处理时,虽然穗数和穗粒数都增加了,但千粒重下降,最终产量低于 N_5 处理,增肥不增产。

2.1.2 对小麦叶面积指数的影响 由表 2 可见:施氮对扬麦 16 叶面积指数的影响在整个生育期均达极显著水平;对每一处理来说,随着生育期推移,扬麦 16 叶面积指数不断增加,至孕穗期达到最大,之后呈下降趋势;对各生育期来说,扬麦 16 群体叶面积指数均随施氮量的增加而增大,叶面积指数与施氮量呈极显著正相关 ($r^2=0.9134$), N_6 处理时叶面积指数最大;增加施氮量,可使生育后期保持相对较高的叶面积指数,

表 1 施氮量对扬麦 16 产量及构成因素的影响

处理号	施氮量 (kg/hm ²)	穗数 (万/hm ²)	千粒重 (g)	穗粒数 (粒/穗)	理论产量 (kg/hm ²)	实际产量 (kg/hm ²)
N ₀	0.00	242.66f	39.15abc	38.15a	3 624.25	3 585.75e
N ₁	48.75	378.98e	36.91d	35.12c	4 912.58	4 781.25d
N ₂	97.50	407.56d	37.48cd	36.59b	5 589.25	5 393.25c
N ₃	146.25	444.14c	38.47abcd	37.14b	6345.78	6 148.05b
N ₄	195.00	453.13bc	39.48ab	38.45a	6 878.45	6 608.85ab
N ₅	243.75	467.75ab	40.15a	38.65a	7 258.49	7 041.75a
N ₆	292.50	477.85a	37.89bcd	38.99a	7 059.46	6 673.50a

表 2 氮素营养水平对扬麦 16 叶面积指数的影响

处理号	施氮量 (kg/hm ²)	LAI			
		越冬期	拔节期	孕穗期	开花期
N ₀	0.00	0.56e	1.69g	2.95f	2.54g
N ₁	48.75	0.71d	2.15f	3.24e	3.01f
N ₂	97.50	0.87c	2.87e	3.85d	3.54e
N ₃	146.25	1.05b	3.65d	5.09c	4.15d
N ₄	195.00	1.35a	4.28c	5.62b	4.59c
N ₅	243.75	1.36a	4.69b	6.15a	5.75b
N ₆	292.50	1.41a	4.97a	6.23a	5.84a

为籽粒灌浆输送更多的光合产物。结合产量分析表明,扬麦 16 产量大于 7 000 kg/hm² 时,最大叶面积指数适宜值在 6.0 左右,大约在孕穗期出现。

2.1.3 对小麦生物量及花后干物质运转的影响 干物质积累反映了小麦光合产物生产能力的变化。由表 3 可以看出,小麦生长发育过程中,植株干物质积累呈持续增加的趋势,前期增长较为缓慢,积累量少;从拔节至开花期干物质积累速度最快,强度最大;开花之后干物质积累又趋于平缓,到成熟期干物质积累量达到最高;施氮量对各个生育期干物质积累的影响达极显著水平 ($F=2358.10^{**}$)。

表 3 氮素营养水平对扬麦 16 生物量及花后干物质运转的影响

处理号	施氮量 (kg/hm ²)	干物质积累量(kg/hm ²)				花后干物质积累量 (kg/hm ²)	籽粒干重 (kg/hm ²)	花后积累量占 籽粒干重(%)
		越冬期	拔节期	开花期	成熟期			
N ₀	0.00	306.25e	2 165.85g	6 087.13f	8 044.95e	1 957.82	3 137.53	62.40
N ₁	48.75	429.65d	2 654.18f	7 432.40e	10 458.98d	3 026.59	4 183.59	72.34
N ₂	97.50	485.26c	2 987.54e	8 005.20d	11 509.99c	3 504.79	4 719.09	74.27
N ₃	146.25	506.39bc	3 562.15d	9 400.94b	14 231.02b	4 830.08	5 834.72	82.78
N ₄	195.00	524.36abc	3 654.21c	9 086.67bc	14 329.14b	5 413.34	6 090.00	88.89
N ₅	243.75	555.76ab	3 872.24b	8 839.79c	14 500.00b	5 489.35	6 161.53	89.09
N ₆	292.50	578.59a	3 996.55a	11 799.16a	16 074.48a	4 275.32	5 786.81	73.88

试验结果还表明,在一定施氮量范围内,随着施氮量的增加,花后干物质积累量和花后干物质积累量占籽粒干重百分比呈现增加的趋势,以 N_5 处理为最高,当施氮量增加至 N_6 处理时,花后干物质积累量和花后干物质积累量占籽粒干重百分比反而降低。产量水平的高低很大程度上决定于植株群体花后干物质的积累量。

2.2 氮素营养水平对小麦植株体内氮素积累、运转以及生产效率的影响

2.2.1 对不同生育期植株氮素积累量的影响 从表 4 可以看出,施氮量对扬麦 16 各生育期植株氮素积累量有显著的调节效应。扬麦 16 植株氮素积累量有 2 个峰值期: N_0 和 N_2 处理植株氮素积累量第一高峰期出现在出苗 - 越冬期,第二个高峰期出现在拔节 - 开花期; N_1 和 N_3 处理植株氮素积累第一个高峰期出现在越冬 - 拔节期,第二个高峰期出现在拔

节 - 开花期; N_4 、 N_5 、 N_6 处理植株氮素积累第一个高峰期均出现在拔节 - 开花期,第二个高峰期出现在开花 - 成熟期。

2.2.2 对籽粒氮素积累量的影响 施氮量对扬麦 16 籽粒氮素的积累量有极显著的调节效应 ($F=861.14^{**}$),适宜的施氮量可有效提高籽粒中氮素积累量。从表 5 可以看出,在一定施氮量范围内,随着施氮量的增加,籽粒中氮积累量显著增加,当施氮量达到 N_6 处理时,籽粒中氮积累量反而下降;以 N_5 处理的籽粒氮素积累量最高,显著高于其他处理。施氮量对花后营养器官氮输出量有极显著的影响 ($F=333.50^{**}$),随着施氮量的增加,花后营养器官氮输出量呈现明显增加的趋势,但当施氮量达到 N_6 处理时,花后营养器官氮输出量的增加不显著。

2.2.3 对小麦氮收获指数和氮肥利用率的影响 施氮量对扬麦 16 氮素生产力有显著的影响 ($F=553.95^{**}$)。由表 5

表 4 氮素营养水平对扬麦 16 植株各生育期氮素积累量和积累百分比的影响

处理号	施氮量 (kg/hm ²)	出苗 - 越冬		越冬 - 拔节		拔节 - 开花		开花 - 成熟	
		积累量 (kg/hm ²)	积累百分率 (%)	积累量 (kg/hm ²)	积累百分率 (%)	积累量 (kg/hm ²)	积累百分率 (%)	积累量 (kg/hm ²)	积累百分率 (%)
N ₀	0.00	20.83c	32.00	13.12e	20.15	21.21g	32.58	9.95f	15.27
N ₁	48.75	25.00b	22.80	26.54d	24.21	39.96f	36.45	18.13e	16.54
N ₂	97.50	30.25a	23.33	26.35d	20.32	48.69e	37.56	24.35d	18.78
N ₃	146.25	23.80bc	15.72	37.28a	24.64	59.74d	39.48	30.51c	20.16
N ₄	195.00	25.51b	14.40	32.90b	18.57	75.43c	42.58	43.31b	24.45
N ₅	243.75	26.56b	13.11	30.80bc	15.21	91.47b	45.17	53.68a	26.51
N ₆	292.50	32.38a	14.91	28.78cd	13.25	103.32a	47.58	52.68a	24.26

表 5 氮素营养水平对小麦氮素积累、运转以及氮肥利用率的影响

处理号	施氮量 (kg/hm ²)	氮肥表观利用率 (%)	氮素生产力 (kg/hm ²)	氮收获指数 (NHI)	籽粒氮积累量 (kg/hm ²)	花后营养器官氮 输出量(kg/hm ²)	籽粒产量 (kg/hm ²)
N ₀	0.00			0.598c	38.91g	22.45f	3 585.75e
N ₁	48.75	42.26cd	98.08a	0.683b	74.88f	47.84e	4 781.25d
N ₂	97.50	41.65d	55.32b	0.725a	93.91e	62.22d	5 393.25c
N ₃	146.25	42.61cd	42.04c	0.747a	113.02d	78.22c	6 148.05b
N ₄	195.00	45.20ab	33.89d	0.739a	130.91c	90.72b	6 608.85ab
N ₅	243.75	46.57a	28.89e	0.745a	150.96a	97.28a	7 041.75a
N ₆	292.50	43.81bc	23.33f	0.663b	143.89b	102.67a	6 673.50a

可见,随着施氮量的增加,氮素生产力呈现明显的下降趋势,各处理之间差异显著;施氮量对扬麦 16 氮收获指数有极显著的调节效应($F=35.01^{**}$),N₂ ~ N₅ 处理显著高于 N₀ 和 N₁ 处理,处理 N₂ ~ N₅ 之间没有显著性差异;当施氮量增加至 N₆ 处理时,氮收获指数显著下降。

施氮量对氮肥利用率有极显著的调节效应($F=13.77^{**}$)。由表 5 可见,氮肥表观利用率在 41.65 ~ 46.57% 之间;随着施氮量的增加,氮肥表观利用率基本表现为增加的趋势;N₁ ~ N₃ 处理之间没有显著性差异,N₁ ~ N₃ 处理与 N₄、N₅ 处理之间有显著差异,N₄ 和 N₅ 处理之间没有显著差异;N₆ 处理的氮肥表观利用率明显低于 N₄ 和 N₅ 处理。结合产量分析,扬麦 16 以 N₅ 处理产量最高,达 7 041.75 kg/hm²,氮收获指数为 0.745,氮肥利用率为 46.57%,三者比较协调。

3 小结与讨论

关于施氮量与籽粒产量以及产量构成因素之间的定量关系,因受品种、地力、气候等因素的影响,常常会得出不同的结论。李裕元等指出施氮可显著提高小麦的株高、穗长、穗粒数和穗粒重等产量相关参数,从而实现籽粒产量的提高^[7]。王月福等研究表明适量增施氮肥,可促进小麦的分蘖能力和穗花的发育,使单位面积穗数和穗粒数增加,并且促进籽粒淀粉的积累,提高粒重,最终提高小麦的籽粒产量^[8]。本试验在苏中地区中等肥力的潮土区,进行不同氮素水平对中筋小麦扬麦 16 的效应研究,结果表明,随施氮量增加,穗数、穗粒数、千粒重和产量等均逐渐增加,但超过一定范围以后继续增加氮素,相应指标增加不显著甚至降低,适当增加施氮量可显著增加叶面积指数和干物质积累,这与前人的研究结果^[9-10]一致。

植株体内氮素积累量与施氮量有很大关系,适宜的施氮量可有效提高籽粒中氮素积累量,改变植株氮素积累高峰出现的时期。在一定范围内增加施氮量,籽粒中氮积累量显著

增加,超过一定范围后籽粒中氮积累量下降;氮收获指数随施氮量增加呈增加趋势,而氮素生产力呈明显下降趋势。氮肥表观利用率作为小麦定量施氮的一个重要指标,在生产中得到广泛应用,但氮肥利用率因施肥量与地力的不同而存在差异。结合产量分析,扬麦 16 施氮量为 243.75 kg/hm² 时产量最高,达 7 041.75 kg/hm²,氮收获指数为 0.745,氮肥表观利用率为 46.57%,三者比较协调,这与朱新开等的研究结果^[3]一致。

参考文献:

[1] 金善宝. 中国小麦学[M]. 北京:中国农业出版社,1996:1-13.
[2] 彭永欣. 春小麦栽培与生理[M]. 南京:东南大学出版社,1992:1-11.
[3] 朱新开,郭文善,周正权,等. 氮肥对中筋小麦扬麦 10 号氮素吸收、产量和品质的调节效应[J]. 中国农业科学,2004,37(12):1831-1837.
[4] 介晓磊,韩燕来,谭金芳,等. 不同肥力和土壤质地条件下麦田氮素利用率的研究[J]. 作物学报,1998,24(6):884-888.
[5] Chen X P. Optimization of the fertilizer management of a winter wheat/summer maize rotation system in the Northern China Plain [D]. Germany:Hohenheim University,2003.
[6] Cui Z L,Zhang F S,Chen X P,et al. On farm estimation of indigenous nitrogen supply for site-specific nitrogen management in the North China Plain[J]. Nutr Cycl Agroecosyst,2008,81:37-47.
[7] 李裕元,郭永杰,邵明安. 施肥对丘陵旱地冬小麦生长发育和水分利用的影响[J]. 干旱地区农业研究,2000,18(1):15-21.
[8] 王月福,于振文,李尚霞,等. 不同土壤肥力下强筋小麦适宜施氮量的研究[J]. 山东农业科学,2001(5):14-15.
[9] 黄严帅,张洪程,许 轲,等. 氮肥用量对中筋小麦扬麦 11 号产量和群体质量的影响[J]. 中国农学通报,2006,22(10):238-241.
[10] 李 斌. 密度和氮肥运筹对超高产小麦产量和品质的影响 [D]. 合肥:安徽农业大学,2009.