第 29 卷 第 1 期　　华 中 农 业 大 学 学 报　　Vol. 29　No. 1
2010 年　2 月　　Journal of Huazhong Agricultural University　　Feb. 2010, 9～13

种植密度与氮肥施用量对糯小麦籽粒产量和品质的影响

徐振江[1]　张　林[1**]　任永浩[1]　解华云[1]　刘　洪[1]　胡立勇[2]

1. 华南农业大学农学院, 广州 510642; 2. 华中农业大学植物科技学院, 武汉 430070

摘要　以糯小麦新品种华糯 1 号为试验材料, 研究了不同种植密度、氮肥施用量以及二者的交互作用对糯小麦产量和品质影响。结果表明: 当基本苗种植密度为 120 ×10^4～240 ×10^4/ hm^2 时, 随着种植密度的增加, 籽粒产量明显增加, 籽粒粗蛋白含量明显降低; 当基本苗种植密度达 300 ×10^4/ hm^2 时, 籽粒产量增加不明显, 面团形成时间明显缩短、评价值明显降低。氮肥施用量为 75～225 kg/ hm^2, 增施氮肥可同步提高籽粒产量、籽粒粗蛋白含量、湿面筋含量和评价值, 而当氮肥施用量达 300 kg/ hm^2 时, 籽粒产量和评价值下降, 籽粒粗蛋白含量和湿面筋含量增加, 但增幅较小。本试验条件下使华糯 1 号高产和优质的最佳组合是基本苗种植密度为 240 × 10^4/ hm^2、氮肥施用水平为 225 kg/ hm^2。

关键词　糯小麦; 种植密度; 施氮量; 产量; 品质

中图法分类号　S 512. 106. 2　　**文献标识码**　A　　**文章编号**　1000-2421(2010)01-0009-05

小麦是南方传统的冬种作物, 由于原有的小麦品种品质不够好、产量较低、赤霉病抗性不强等原因, 近十几年小麦种植面积锐减[1-2], 致使存在大量冬闲田。近年来, 华南农业大学育成了一批适合当地种植的糯小麦品种[3-4], 该糯小麦品种的胚乳直链淀粉含量很低, 可用于制作南方人爱吃的点心, 具有很大的种植和产业化潜力。

自 Nakamura 等[5]用 Kanto107 和江苏白火麦杂交首次育成了糯小麦以来, 日本、澳大利亚、美国和英国等国的研究者相继开展了糯小麦遗传育种、品质特性和食品加工等方面的研究, 国内学者也在积极开展糯小麦育种及其淀粉特性等方面的研究[6-9], 而关于糯小麦高产优质栽培方面的研究鲜有报道。小麦的产量和品质除主要受遗传因子影响外, 还受生态环境和栽培措施的影响。在各种栽培措施中, 种植密度与氮素营养对小麦产量和品质的影响最为突出[10-11]。本试验以糯小麦新品种华糯 1 号为材料, 研究了不同种植密度、氮肥施用水平以及二者的交互作用对糯小麦产量和品质影响, 以期为优质、高产糯小麦的生产提供参考。

材料与方法

试验材料

供试材料为糯小麦新品种华糯 1 号, 由华南农业大学农学院张林博士选育。

试验方法

试验于 2005～2006 年度和 2006～2007 年度连续 2 个相同的生长周期在华南农业大学教学试验农场进行。于上一年的 11 月 6 日播种, 第 2 年的 3 月 27 日收获。试验地在播种前采集 0～20 cm 的土样, 风干后测定土壤的基本营养状况。2 次试验测定结果相似, 第 2 个生长周期试验地 0～20 cm 土层的基本营养状况为: 有机质含量 1. 91 %, 碱解氮 81. 4 mg/ kg, 有效磷 20. 2 mg/ kg, 速效钾 100. 0 mg/ kg, pH 4. 98。

采用二因素裂区试验设计的方法, 以种植密度为主处理, 以氮肥施用量为副处理。设 4 个种植密度水平, 其基本苗种植密度依次为 120 ×10^4、180 × 10^4、240 ×10^4、300 ×10^4/ hm^2, 分别用 D1、D2、D3、D4 表示; 4 个氮肥施用水平, 施纯氮依次为 75、150、

收稿日期: 2009-05-15; 修回日期: 2009-08-22
*广东省科技计划项目(2005B20101015)资助
** 通讯作者. E-mail: lzhang@scau.edu.cn
徐振江, 男, 1974 年生, 硕士, 助理研究员. 研究方向: 作物栽培. E-mail: 11232874@163.com

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

225、300 kg/ hm^2 ,分别用 N1、N2、N3 和 N4 表示。设 3 次重复 ,共计 48 个小区 ,小区面积为 6.5 m^2 。采用人工条播的方式播种 ,依种植密度不同设不同的播种行距 :D1 为 30 cm , D2 为 25 cm , D3 和 D4 均为 20 cm。试验所用氮肥为尿素 ,磷肥为过磷酸钙 ,钾肥为氯化钾。以氮肥总量的 60 %作基肥、40 %作追肥施用 ,追肥时间为 3 叶期。磷肥和钾肥作为基肥一次性施用 , K_2O 和 P_2O_5 施用量均为 135 kg/ hm^2 。试验田其它管理措施按照常规大田进行。

调查项目与测定方法

产量及其构成因素 :成熟期实收测产 ,同时每小区取 10 株代表性植株测定有效穗数、每穗实粒数和千粒重。

品质指标及测定方法 :粗蛋白质含量用 H_2SO_4- H_2O_2-靛酚蓝比色法测氮 ,含氮量乘 5.7 即为粗蛋白含量 ;湿面筋含量用德国 Perfen 公司生产的 Gluten matic 2200 测定 ;面团流变学特性用德国 Brabender 公司的粉质仪 ,按 AACC56-21 方法测定。

采用 SPSS 统计分析软件进行数据处理、方差分析和显著性检验。由于 2 次试验结果表现基本一致 ,下文各表中所示资料为 2006 - 2007 年度试验数据。

结果与分析

种植密度、氮肥施用量对产量及其构成因素的影响

从表 1 可以看出 ,种植密度处理 D3 和 D4 的有效穗数和实际产量都显著高于 D1 和 D2 处理。种植密度对每穗实粒数没有影响 ,对千粒重的影响除了 D4 处理明显高于 D1 处理外 ,其余各处理之间差异不明显。从 N1 到 N3 ,随着氮肥施用量的提高 ,产量和有效穗数均显著增加。当氮肥施用量由 225 kg/ hm^2 (N3) 提高到 300 kg/ hm^2 (N4) 时 ,产量却有所降低。氮肥施用量对每穗实粒数和千粒重影响较小 ,除了 N2 处理的每穗实粒数明显较高和 N4 处理的千粒重明显较低外 ,其它各处理之间均无显著差异。

表 1 种植密度、氮肥施用量对产量及其各构成因素的影响

Table 1 Effect of different plant density and nitrogen application rate on yield and its components

处理 Treatment	有效穗数/ (10^4/ hm^2) Effective panicle	每穗实粒数 Filled grains per panicle	千粒重/ g 1 000-grain weight	理论产量/ (kg/ hm^2) Theory yield	实际产量/ (kg/ hm^2) Actual yield
D1	310.0 c	39.9 a	34.5 b	4 276.0 b	4 225.8 b
D2	316.8 c	39.9 a	35.8 ab	4 505.9 b	4 497.6 a
D3	362.3 a	38.4 a	34.8 ab	4 824.3 a	4 753.9 a
D4	343.5 b	39.0 a	36.2 a	4 828.2 a	4 726.0 a
N1	288.8 c	38.5 b	35.8 a	3 968.4 c	4 141.5 c
N2	317.7 b	40.8 a	35.9 a	4 640.9 b	4 492.3 b
N3	362.8 a	38.7 b	35.4 ab	4 972.4 a	4 850.4 a
N4	363.3 a	39.2 ab	34.2 b	4 852.7 ab	4 719.0 ab

种植密度与氮肥施用量互作对产量及其构成因素的影响

表 2 结果表明 ,16 个种植密度和氮肥施用量处理组合中 ,D3N3 组合产量最高 ,其次是 D4N3 , D1N1 处理组合的有效穗数最低 ,产量也明显较低。最大种植密度和最高氮肥施用量组合 D4N4 的田间小区分蘖成穗率低 ,无效分蘖争肥、争水等现象明显 ,有效穗数不高 ,同时由于氮肥施用量过高出现贪青晚熟现象 ,最终产量反而不高。由此可见 ,从获得高产的角度来看 ,本试验条件下 D3N3 是糯小麦华糯 1 号最优的种植密度和氮肥施用量组合。

种植密度和氮肥施用量对品质的影响

籽粒蛋白质和湿面筋含量是小麦品质的重要指标。表 3 结果表明 ,从 D1 到 D3 随着种植密度的增加 ,籽粒粗蛋白含量明显降低 ;种植密度处理对湿面筋含量有影响但不显著。从 N1 到 N4 ,籽粒粗蛋白含量和湿面筋含量随着氮肥施用量的提高明显增加 ,高施氮量处理 N4 比低施氮量处理 N1 的籽粒粗蛋白含量和湿面筋含量分别提高 2.0 %和 2.3 %。可见 ,在本试验条件下 ,种植密度和氮肥施用量对糯小麦华糯 1 号籽粒粗蛋白含量起协同调节作用 ,而氮肥施用量的增加对提高湿面筋含量有重要促进作用。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 2　不同种植密度和氮肥施用量互作对产量及其构成因数的影响

Table 2　Effects of interaction between different plant density and nitrogen application rate on yield and its components

处理组合 Treatment combinations	有效穗数/ (10^4/ hm^2) Effective panicle	每穗实粒数 Filled grains per panicle	千粒重/ g 1 000-grain weight	理论产量/ (kg/ hm^2) Theory yield	实际产量/ (kg/ hm^2) Actual yield
D1N1	270.7 h	38.2 ab	33.3 c	3 447.7 g	4 042.3 ef
D1N2	284.7 fgh	42.2 a	36.5 ab	4 373.0 def	4 247.3 cdef
D1N3	318.0 def	37.3 b	34.1 bc	4 029.1 ef	4 044.1 ef
D1N4	366.7 bc	42.1 a	34.0 bc	5 254.3 ab	4 569.3 bcde
D2N1	274.0 gh	39.5 ab	36.5 ab	3 928.0 fg	3 961.4 f
D2N2	326.7 de	40.3 ab	36.5 ab	4 813.8 abcd	4 509.3 bcdef
D2N3	349.3 bcd	40.6 ab	36.3 abc	5 139.3 abc	4 855.4 b
D2N4	317.3 def	39.0 ab	33.8 bc	4 142.5 ef	4 663.9 bcd
D3N1	305.3 efg	37.5 b	37.3 a	4 259.7 def	4 125.4 def
D3N2	340.0 cde	39.7 ab	34.0 bc	4 601.7 cde	4 560.2 bcde
D3N3	402.7 a	39.0 ab	34.4 abc	5 405.5 a	5 495.0 a
D3N4	401.3 a	37.3 b	33.7 bc	5 030.4 abc	4 835.0 bc
D4N1	305.3 efg	38.7 ab	36.0 abc	4 238.1 def	4 436.8 bcdef
D4N2	319.3 def	40.9 ab	36.6 ab	4 775.1 bcd	4 652.4 bcd
D4N3	381.3 ab	38.0 ab	36.7 ab	5 315.8 ab	5 007.1 ab
D4N4	368.0 bc	38.3 ab	35.4 abc	4 983.7 abc	4 807.9 bc

表 3　种植密度、氮肥施用量对糯小麦部分品质指标的影响

Table 3　Effects of plant density and nitrogen application rate on some quality indexes of waxy wheat

处理及其组合 Treatment and treatment combinations	粗蛋白含量/ % Coarse protein content	湿面筋含量/ % Wet gluten content	吸水率/ % Water absorption	形成时间/ min Development time	稳定时间/ min Stability time	软化度/ BU Degree of softening	评价值 Value
D1	17.5 a	38.0 a	72.5 a	6.0 a	4.8 a	143 a	59.0 a
D2	16.9 b	37.5 a	72.8 a	5.5 ab	4.8 a	139 a	56.5 ab
D3	16.6 c	37.0 a	71.9 a	5.8 a	4.8 a	138 a	57.3 ab
D4	16.8 b	37.6 a	72.0 a	5.0 b	4.2 a	146 a	56.0 b
N1	15.9 d	36.3 c	72.2 a	5.5 a	4.9 a	135 b	55.3 b
N2	16.6 c	37.3 b	73.2 a	5.4 a	4.4 a	144 a	57.3 ab
N3	17.5 b	38.0 ab	71.6 a	5.7 a	4.7 a	141 a	58.2 a
N4	17.9 a	38.6 a	72.2 a	5.6 a	4.6 a	146 a	58.0 ab
D1N1	16.3 de	37.0 abcd	73.0 a	6.5 a	5.3 ab	135.0 abc	58.0 ab
D1N2	17.2 c	37.7 abcd	73.4 a	5.3 abc	4.5 ab	143.3 abc	57.0 ab
D1N3	17.9 b	38.3 ab	71.2 a	6.3 ab	5.0 ab	126.7 abc	62.0 a
D1N4	18.4 a	39.0 a	72.4 a	5.7 abc	4.5 ab	146.7 abc	59.0 ab
D2N1	15.8 fg	36.3 bcd	72.4 a	5.5 abc	5.3 a	123.3 bc	56.0 ab
D2N2	16.5 d	37.3 abcd	73.3 a	5.3 abc	4.3 ab	150.0 abc	56.0 ab
D2N3	17.6 bc	38.0 abc	72.7 a	5.3 abc	4.7 ab	150.0 abc	54.5 ab
D2N4	17.8 b	38.3 ab	72.7 a	6.0 abc	4.8 ab	136.7 abc	59.7 ab
D3N1	15.5 g	35.7 d	71.8 a	5.2 abc	4.5 ab	140.0 abc	54.7 ab
D3N2	16.2 def	36.6 bcd	72.5 a	5.5 abc	4.3 ab	153.3 abc	55.3 ab
D3N3	17.3 c	37.7 abcd	71.6 a	6.5 a	5.3 a	120.0 c	61.3 a
D3N4	17.5 bc	38.1 abc	71.8 a	6.0 abc	5.0 ab	140.0 abc	58.0 ab
D4N1	16.0 ef	36.1 cd	71.5 a	4.9 bc	4.4 ab	133.3 abc	52.7 b
D4N2	16.4 de	37.7 abcd	73.7 a	5.5 abc	4.3 ab	150.0 abc	61.5 a
D4N3	17.3 c	37.8 abcd	71.0 a	4.7 c	3.9 b	165.0 a	55.5 ab
D4N4	17.8 b	38.9 a	71.9 a	4.8 bc	4.1 ab	160.0 ab	55.3 ab

从对粉质仪各主要指标的影响来看,除了 D4 处理的形成时间及 N1 处理的软化度显著较低外,其它各种植密度及各氮肥施用量对吸水率、形成时间、稳定时间和软化度的影响均不显著。评价值是粉质仪的吸水率、形成时间、稳定时间和软化度等各项指标的综合反映。从评价值来看,D1 处理的评价值显著高于 D4 处理,而其余各种植密度处理之间差异不显著;从 N1 到 N4 随着氮肥施用量的提高,评价值有递增的趋势,以 N3 处理评价值最高,且显著高于 N1 处理,其余各处理间差异不显著。由此可见,在本试验条件下,种植密度和氮肥施用量对粉质仪各指标的影响程度远远小于对籽粒粗蛋白和湿

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

面筋含量影响。

种植密度与氮肥施用量互作对各品质指标的影响

从表3可以看出,16个种植密度和氮肥施用量处理组合中,籽粒粗蛋白含量和湿面筋含量以D1N4处理组合最高,其次是另外3个高施氮量处理组合D2N4、D4N4、D3N4。D3N3处理组合的籽粒粗蛋白含量稍低于D1N4处理组合,而湿面筋含量与D1N4处理组合无显著差异。各种植密度和氮肥施用量处理组合中,评价值超过60的处理组合依次为D1N3(62.0)、D4N2(61.5)、D3N3(61.3),D4N1处理组合的评价值最低,仅为52.7。综合籽粒粗蛋白含量、湿面筋含量和粉质仪指标来看,以D1N4处理组合的品质最好,而产量最高的D3N3组合的品质也相对较好。

讨 论

种植密度和氮肥施用量对籽粒产量和品质的影响

不同种植密度会形成不同的小麦群体结构,而群体结构内部温、光等生态条件的差异最终会影响到籽粒的产量和品质。关于种植密度对产量的影响,本试验结果表明,基本苗种植密度在120×10^4～240×10^4/hm^2范围内,随着种植密度的增加,籽粒产量明显增加;当基本苗种植密度由240×10^4/hm^2增加到300×10^4/hm^2时,产量增加不明显,此结果与前人研究结论相似[10]。关于种植密度对品质的影响,前人研究结论不一,有研究认为适当增加种植密度,小麦籽粒总淀粉含量和特性值增加,蛋白质、湿面筋含量下降,面团形成时间、稳定时间缩短;但种植密度过大,蛋白质含量略有上升[12],淀粉含量略有下降[10],也有研究认为种植密度对小麦籽粒品质影响较小或没影响[13]。本试验结果与上述研究结论不尽相同,当基本苗种植密度≤240×10^4/hm^2时,随着种植密度的增加,糯小麦华糯1号的籽粒粗蛋白含量明显降低,同时形成时间明显缩短和评价值明显降低,各种植密度处理对湿面筋含量以及其它各粉质仪指标的影响均未达到显著差异水平。本试验结果之所以与前人研究结论有差异,其原因可能与试验中选用的小麦品种类型、土壤肥力水平和气候条件等有关。例如,本试验中选用的是春性糯小麦新品种,土壤肥力水平中等,气候条件属于亚热带季风气候等。

关于氮肥施用量对小麦籽粒产量和品质的影响已有大量研究,多数研究认为,在一定范围内增加氮肥施用量能提高小麦籽粒产量、蛋白质与面筋含量[14-15],提高面团吸水率、稳定时间、形成时间和评价值等品质指标[16];氮肥施用量过高虽能够提高籽粒蛋白质含量,但籽粒产量下降[14,17]。与前人研究结果类似,在本试验条件下,糯小麦华糯1号氮肥施用量在75～225 kg/hm^2范围内,增施氮肥可同步提高产量、籽粒粗蛋白含量、湿面筋含量以及评价值,而当氮肥施用量由225 kg/hm^2提高到300 kg/hm^2时,籽粒产量和评价值下降,籽粒粗蛋白含量和湿面筋含量虽有增加但增幅较小。

高产和优质栽培的适宜种植密度和氮肥施用量

糯小麦华糯1号的产量受种植密度和氮肥施用量互作效应影响显著,基本苗种植密度为240×10^4/hm^2(D3)与氮肥施用量为225 kg/hm^2(N3)的处理组合D3N3产量最高,而基本苗最低种植密度为120×10^4/hm^2(D1)与最高氮肥施用量300 kg/hm^2(N4)处理组合D1N4也获得了与D3N3相当的产量。在本试验的中等土壤肥力条件下,D1N4处理组合能获得较高产量的原因在于,高氮肥施用量提高了分蘖成穗率,最终获得了与D3N3大致相当的有效穗数(表2),而有效穗数又是本试验中决定产量的关键因素(表1)。D1N4处理组合小区田间表现为分蘖成穗多,植株健壮,根系量增多,抗病虫和抗倒的能力较强,具有高产和稳产的良好群体结构。本试验土壤条件中等,对于高肥力土壤条件下可考虑通过降低播种密度,提高分蘖成穗率的途径获得高产和稳产,而与之相适应的栽培措施还有待于进一步研究。

在小麦生产实践中,追求高产的同时应兼顾优质、低耗。本试验中16个种植密度与氮肥施用量处理组合中,D1N4处理组合的籽粒粗蛋白含量和湿面筋含量均明显最高,D3N3处理组合的籽粒粗蛋白含量稍低于D1N4处理组合,湿面筋含量与D1N4处理组合的含量大致相当;D3N3处理组合评价值为61.3,是3个评价值超过60的处理组合之一,稍低于另外2个处理组合D1N3(62.0)、和D4N2(61.5)(表3)。综合籽粒产量、籽粒粗蛋白含量、湿面筋含量以及粉质仪指标的结果来看,本试验条件下,基本苗种植密度为240×10^4/hm^2(D3)与氮肥施用水平为225 kg/hm^2(N3)处理组合D3N3

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

可作为糯小麦华糯 1 号高产和优质的最优组合。本试验条件中土壤肥力水平中等,在具体的生产实践中还应结合当地的土壤肥力水平、气候特点等条件考虑安排与该糯小麦相适宜的基本苗种植密度与氮肥施用量。

参 考 文 献

[1] 金善宝. 中国小麦生态[M]. 北京:科学出版社,1991:31-157.

[2] 程顺和,吕国锋,张伯桥,等. 农业结构调整中的南方小麦育种[J]. 核农学报,2003,17(2):153-159.

[3] 张林,隋晶晶. 春性糯小麦品系的选育及其品质特性分析[J]. 农业现代化研究,2005,26(6):449-452.

[4] 张林,隋晶晶,王维. 小麦遗传背景对糯性品质的影响[J]. 华中农业大学学报,2005,24(5):435-438.

[5] NAKAMURA T, YAMAMORI M, HIRANO H, et al. Production of waxy (amylase-free) wheats [J]. Molecular and General Genetics, 1995, 248: 253-259.

[6] 李继刚,梁荣奇,张义荣,等. 糯性普通小麦的产生及其淀粉特性研究[J]. 麦类作物学报,2001,21(2):10-13.

[7] 姚大年,司洪芳,张文明,等. 糯小麦及部分普通小麦品种主要淀粉性状的研究[J]. 安徽农业大学学报,2004,31(4):389-391.

[8] 隋晶晶,张林. 糯小麦品系 TN-1 的品质性状分析[J]. 华南农业大学学报:自然科学版,2003,24(4):108-109.

[9] 游新勇,张国权,李琼. 糯小麦淀粉品质特性研究[J]. 粮食与饲料工业,2008(4):8-10.

[10] 刘萍,郭文善,徐月明,等. 种植密度对中、弱筋小麦籽粒产量和品质的影响[J]. 麦类作物学报,2006,26(5):117-121.

[11] 熊又升,袁家富,郝福新,等. 氮肥用量对不同小麦品种产量和品质的影响[J]. 华中农业大学学报,2009,28(6):697-700.

[12] 刑先贵,朱旭彤. 优质小麦品种在不同栽培条件下的产量和品质表现[J]. 华中农业大学学报,1996,15(2):117-122.

[13] 程振勇,张艳凤,宋小顺. 播量与氮肥用量对优质小麦产量和品质的影响[J]. 土壤肥料,2005(6):27-30.

[14] 王月福,姜东,于振文,等. 氮素水平对小麦籽粒产量和蛋白质含量的影响及其生理基础[J]. 中国农业科学,2003,36(5):513-520.

[15] 戴廷波,孙传范,荆奇,等. 不同施氮水平和基追比对小麦籽粒品质形成的调控[J]. 作物学报,2005,31(2):248-253.

[16] 林琪,侯立白,韩伟. 不同肥力土壤下施氮量对小麦籽粒产量和品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2004,10(6):561-567.

[17] 朱新开,郭文善,周君良,等. 氮素对不同类型专用小麦营养和加工品质调控效应[J]. 中国农业科学,2003,36(6):640-650.

Effects of Different Plant Density and Nitrogen Application Rate on Grain Yield and Quality of Waxy Wheat

XU Zhen-jiang[1]　ZHANG Lin[1]　REN Yong-hao[1]　XIE Hua-yun[1]　LIU Hong[1]　HU Li-yong[2]

1. *College of Agriculture, South China Agricultural University, Guangzhou* 510642, *China;*

2. *College of Plant Science and Technology, Huazhong Agricultural University, Wuhan* 430070, *China*

Abstract　The grain yield and quality of waxy wheat variety Huanuo 1 under different nitrogen application rate and plant density were studied. The results showed that the grain yield increased and the grain coarse protein content decreased significantly, with the number of basic seedlings increased from 1.2 million to 2.4 million per hm^2. While with the number of basic seedlings increased from 2.4 million to 3.0 million per hm^2, the grain yield increased with no obvious variation, the flour dough development time was shortened and the farinogram parameters value decreased obviously. The grain yield, the content of grain coarse protein and wet gluten and the farinogram parameters value increased simultaneously, with nitrogen application rate improved from 75 kg/hm^2 to 225 kg/hm^2. However, with nitrogen application rate increased to 300 kg/hm^2, the grain yield and the farinogram parameters value reduced, the content of grain coarse protein and wet gluten improved slightly. Under this experimental condition, 2.4 million basic seedlings per hm^2 and 225 kg/hm^2 nitrogen application rate were the optimal combination for obtaining higher grain yield and better quality of waxy wheat variety Huanuo 1.

Key words　waxy wheat; plant density; nitrogen application rate; yield; quality

(责任编辑:陆文昌)

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net