

氮肥管理对寒地水稻倒伏性能的影响

苏东行,彭显龙,罗盛国,刘元英,宋文博,张 宇

(东北农业大学 资源与环境学院,黑龙江 哈尔滨 150030)

摘要:以空育 131 为试材,采用田间小区试验方法,在相同穗肥用量下($35\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$),设置不同基肥氮量(N1: $30\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$; N2: $65\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 和 N3: $85\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$),并以氮肥全作基肥的习惯施氮方法为对照(N4: $150\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$),研究了氮肥管理对寒地水稻倒伏性状的影响,以期为寒地水稻施肥提供理论依据。结果表明:随着基肥用量增加,水稻株高显著增加,当基肥氮用量超过 $65\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,株高没有显著差异;当基肥用量低于 $85\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,基部节间长度差异不明显;当基肥氮量增加到 $150\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,基部节间长度显著提高;N2 处理重心高度、茎粗和壁厚都最高。随着基肥用量的提高,水稻抗折力先增加,然后降低,因此 N2 处理抗折力最高,而 N4 处理抗折力最低。随着基肥用量增加,倒伏指数增加,倒伏的风险加大。产量高低的顺序为 $\text{N1}<\text{N4}<\text{N2}<\text{N3}$,随着氮肥用量的提高产量先增加,然后降低。因此,基肥用量适宜的处理能够通过优化水稻节间配置,增加水稻茎粗和壁厚,显著提高水稻抗折力,维持较高的抗倒伏能力,并能提高水稻产量。

关键词:氮肥管理;倒伏;产量

中图分类号:S511

文献标识码:A

文章编号:1002-2767(2012)09-0039-04

提高水稻单产是我国解决粮食问题的关键所在,而水稻倒伏是限制水稻单产的重要因子之一,因此提高水稻抗倒伏能力对水稻高产具有重要意义。倒伏受环境、栽培技术以及品种特性等多重影响,是一个综合而又复杂的现象^[1]。水稻倒伏对肥效的发挥、水稻结实率和产量都会产生负面影响^[2]。近年来,国内外关于施肥对土壤养分和作物生长的影响做了大量研究:硅钾营养对作物物理性状和机械性具有明显的改善作用,从而提高抗倒伏能力^[3]。增施氮肥促进株高增加,使水稻茎秆充实度降低,使水稻倒伏风险增加^[4]。通过优化施肥能够降低水稻抽穗后物质转运率,延缓茎秆早衰,从而提高水稻抗倒伏能力^[5]。相同密度条件下,通过降低施氮量,并且采用前氮后移技术能够改善水稻节间配置,明显增强寒地水稻的抗折力,提高水稻抗倒伏能力^[6]。拔节期以前施用的氮肥对水稻节间配置具有较大的影响。由于前氮后移技术前后期氮肥的用量都不一致,很难区分出减少基肥对水稻倒伏能力的影响。而国内外关于基肥不同施氮量对水稻倒伏影响的

研究则鲜见报道。现通过基肥不同施氮处理形成氮肥梯度,比较基肥不同施氮量对寒地水稻抗倒伏性能和产量的影响,探明基肥用量与寒地水稻抗倒伏能力的关系,以期为寒地水稻合理施用基肥提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供试水稻品种为空育 131。供试肥料为尿素(含 N 46%)、硫酸铵、重过磷酸钙(含 P_2O_5 46%)、氯化钾(含 K_2O 60%)。

1.2 方法

1.2.1 试验设计 试验于 2011 年在黑龙江省农垦建三江分局大兴农场进行。供试土壤:草甸白浆土型水稻土。有机质和全氮含量分别为 42.4 和 $1.54\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$,速效磷(P_2O_5)和速效钾(K_2O)含量分别为 43.5 和 $189\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})6.08$ 。共设 4 个不同基肥氮量处理,N1:基肥不施氮肥,基肥用量 $30\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,其它时期施氮量见表 1; N2:基肥氮量 $65\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,其它同 N1 处理; N3:基肥氮量 $85\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,其它同 N1 处理; N4:基肥氮量 $150\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。所有处理 P_2O_5 用量为 $35\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$, K_2O 用量 $60\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。磷肥作基肥一次施用,钾肥分基肥和 7.5 叶龄(幼穗分化期)2 次施用,比例为 1:1。小区面积 70 m^2 以上,重复 3 次。各处理采用常规育苗,插秧密度 $30.0\text{ cm}\times 13.2\text{ cm}$,其它管理措施一致。

收稿日期:2012-05-03

第一作者简介:苏东行(1987-),男,山东省乐陵市人,在读硕士,从事水稻施肥研究。E-mail: sudonghang_001@163.com。

通讯作者:彭显龙(1976-),男,博士,副教授,硕士研究生导师,从事水稻施肥研究。E-mail:pxl0508@163.com。

表 1 各处理施氮量和施氮时期
Table 1 Time and amount of nitrogen fertilizer application

处理 Treatment	基肥氮量	第一次追肥 1st N topdressing		第二次追肥 2nd N topdressing		第三次追肥 3rd N topdressing		总 N
	Basal Namount	叶龄值	氮量/kg·hm ⁻²	叶龄值	氮量/kg·hm ⁻²	叶龄值	氮量/kg·hm ⁻²	Total N
		Leaf age	N rate	Leaf age	N rate	Leaf age	N rate	
N1	0	7.5	30	7.5	15	10.0	20	65
N2	45	7.5	20	7.5	15	10.0	20	100
N3	45	7.5	40	7.5	15	10.0	20	120
N4	45	4.0	30	5.0	45	6.0	30	150

1.2.2 取样及测定 在抽穗后 30 d 取样,倒伏指数依据堀内久满^[7]的方法,倒伏指数=弯曲力矩/抗折力×100;弯曲力矩=节间基部至穗顶长度(cm)×该节间基部至穗顶鲜重(g);按莫永生等^[8]的方法测定茎粗、壁厚。采用杨长明等^[9]的方法测定重心高度。在收获期取具有平均分蘖的 4 穴考查有效穗数、每穗粒数、结实率和千粒重等,根据各产量构成要素计算小区理论产量,并在每个小区割 2 m²测产。

2 结果与分析

2.1 氮肥管理对产量及产量构成因素的影响
由表 2 可知,随着基蘖肥氮量的提高,有效穗数先增加,然后降低,N1 和 N3 处理差异显著;基蘖肥氮太少会使穗粒数降低,但太多也不利于大穗形成。较少的基蘖肥有利于提高千粒重,但是由于穗数和穗粒数降低明显,因此产量最低。适量的基蘖肥和穗肥的配比(N2),与施用较多基蘖肥的处理相比,穗粒数和结实率增加,因此后 3 个

表 2 氮肥管理对寒地水稻产量及产量构成因素的影响
Table 2 Effect of N management on rice yield and yield components

处理 Treatment	有效穗数/10 ⁴ 穗·hm ⁻² Panicle number	每穗粒数 Grains per panicle	千粒重/g 1000-grain weight	结实率/% Filled grain rate	产量/t·hm ⁻² Yield
N1	540b	55.5b	27.0a	96.5a	6.94b
N2	573ab	62.3a	26.2bc	97.1a	7.88a
N3	590a	58.6ab	26.4b	94.3b	8.27a
N4	578ab	59.8ab	26.0c	93.3b	7.87a

注:不同字母代表差异达到 5% 的显著水平。
Note: Different letters represent significant difference at 0.05 level.

处理产量无差异。

2.2 氮肥管理

对株高、节间配置和茎秆物理性状的影响与 N1 相比,N2、N3 和 N4 处理株高分别增加了 8.2%、7.9%、7.6%,均达到 5% 显著水平,其它处理间差异不显著;与 N4 处理相比,N1、N2、N3 处理第一节间长度分别降低了 30%、35%、41%,均达到 5% 显著水平,第二节间长度分别降低了

8.6%、23%、17%;重心高度 N1<N4<N3<N2,第二节间壁厚 N4=N1<N3<N2,茎粗 N1<N4<N3<N2。因此,不施基肥处理株高较其它处理显著降低,基蘖肥氮量太高(N4)会使基部第一、二节间长度增加,虽然株高不高,但是壁厚降低,因此倒伏的风险增加。而适宜的基蘖肥用量能优化节间配置,促进茎秆粗壮,有利于水稻抗倒伏能力的提高。

表 3 氮肥管理对株高、节间配置和茎秆物理性状的影响

Table 3 Effect of N management on plant height, internode collocation and the physical characteristics

处理 Treatment	株高/cm Plant height	第一节间长/cm 1st internode length	第二节间长/cm 2nd internode length	重心高度/cm Gravity center height	第二节间壁厚/cm Stem wall thickness of the 2nd internode	茎粗/mm Steam diameter
N1	69.8b	3.17b	12.7ab	36.2b	0.53a	3.01b
N2	75.5a	2.97b	10.7c	40.3a	0.55a	3.46a
N3	75.3a	2.70b	11.5bc	39.3a	0.54a	3.16ab
N4	75.1a	4.56a	13.9a	38.1ab	0.53a	3.13ab

2.3 氮肥管理对寒地水稻抗折力和倒伏指数的影响

由图 1A 可知, N4 处理抗折力最低, N2 处理抗折力最高, 较 N4 处理增加了 50.9%, 这两处理间差异显著。不施基肥处理 N1 和 N3 处理的抗折力也比 N4 处理增加 17.7%~26.9%, 但是差异不显著。由图 1B 可知, 与 N4 相比, N1、N2 处

理倒伏指数分别降低了 32.2%、29.6%, 均达到了 1% 的显著水平; N3 处理倒伏指数较 N4 处理降低了 15.1%, 达到 5% 显著水平。因此, N4 处理抗折力最低, 倒伏指数最高。在穗肥定量的前提下, 随着基肥用量的增加, 水稻抗折力先增加后降低, 但是由于株高增加, 倒伏指数逐渐增加。

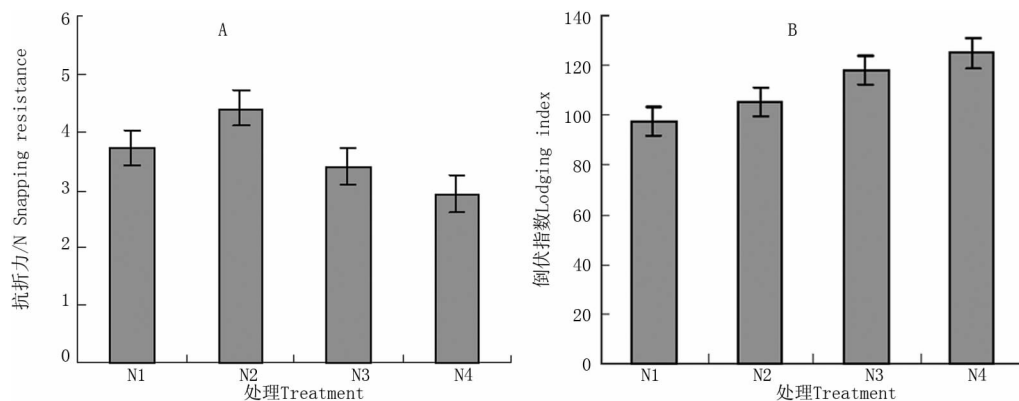


图 1 氮肥管理对水稻抗折力(a)和倒伏指数(b)的影响

Fig. 1 Effect of N management on snapping (A) and lodging index (B)

3 结论与讨论

随着基肥用量的增加, 水稻抗折力先增加, 超过 N2 65 kg·hm⁻² 时抗折力降低。而水稻倒伏指数随着氮肥用量的提高逐渐增加, 倒伏的风险增加, 氮肥全部作基肥施用倒伏风险最大。当基肥和穗肥比例适宜时, 水稻株高没有降低, 但是却降低了基部第一、二节间的长度, 优化了水稻节间配置, 同时由于水稻茎秆比较粗壮, 因此能够提高水稻抗倒伏能力, 降低水稻倒伏指数。少施基肥虽然倒伏风险最小, 但是产量最低, 因此必须维持适宜的基肥氮的比例, 在不影响水稻倒伏能力的条件下, 维持较高的产量。

一般认为, 水稻基部第二节间长度与抗倒伏能力呈显著负相关。而水稻基部第一、二伸长节间粗度、干物重与茎秆抗倒伏能力呈正相关关系^[12-13]。马均等^[10]研究也认为基部节间相对较

短, 上部节间适当伸长是水稻高产抗倒的形态学基础。张春平研究认为, 重施氮肥作返青肥易造成后期倒伏^[14]。还有研究认为, 基部节间长度随施氮水平和基肥比例的增加而增加, 基部节间粗度、秆壁厚度、节间充实度、机械强度则表现相反^[15]。该试验表明, 随着基肥用量的增加, 水稻株高和重心高度增加。当基肥用量在 30~85 kg·hm⁻², 基部一二节间长度差异不大, 但当基肥氮量增加到 150 kg·hm⁻² 时, 水稻基部节间长度明显增加。虽然基肥氮量在 65~150 kg·hm⁻² 时, 水稻株高没有显著差异, 但是由于基部节间长度的显著差异, 加之茎粗和茎壁厚度的差异, 使水稻的抗折力产生显著差异。随着基肥用量的增加, 抗折力先增加, 在基肥用量为 65 kg·hm⁻² 时达到最高, 随后下降。虽然基肥用量为 65 kg·hm⁻² 时抗折力最大, 但是由于株

高和重心高度增加,倒伏指数还是增加,因此随着基肥用量的提高倒伏指数增加,倒伏的风险加大。王丹^[6]和张明聪等^[11]的研究也指出,基肥氮用量过高会增加基部节间的长度,降低茎秆的充实度,使水稻倒伏风险增加。石扬娟^[4]研究认为,不同时期施肥比例一定的情况下,适宜增加施氮量能使节间粗度和茎壁厚度都增加,该试验也证明基肥比例适宜的处理茎秆粗壮,抗折力大抗倒伏能力强。因此,为了保证水稻综合抗倒能力较高,在生产上必须保持适宜的基肥比例,这样才能保证较强的抗倒伏能力,并维持较高的产量,减少倒伏的风险,实现高产稳产。

参考文献:

- [1] 李荣田,姜廷波,秋太权,等. 水稻倒伏对产量影响及倒伏和株高关系的研究[J]. 黑龙江农业科学,1996(1):13-17.
- [2] 赵黎明,顾春梅,陈淑洁,等. 水稻倒伏研究及其影响因素分析[J]. 北方水稻,2009(4):67-70.
- [3] Hossain K A, Horiuchi T, Miyagawa S. Effects of powdered rice chaff application on lodging resistance, Si and N contents and yield components of rice (*Oryza sativa* L.) under shaded conditions[J]. Acta Agron Hungarica,1998,46(3):273-281.
- [4] 石扬娟. 施肥方式和栽插密度对水稻抗倒伏性状影响研究[D]. 合肥:安徽农业大学,2008:26-34.
- [5] 陈丽楠. 前氮后移对寒地水稻光合特性和氮效率的影响[D]. 哈尔滨:东北农业大学,2010:39-50.
- [6] 王丹. 不同密度下肥水优化对寒地水稻抗倒伏性能的影响[D]. 哈尔滨:东北农业大学,2011:30-34.
- [7] 堀内久满,古贺义昭. 水稻抗倒伏性与育种[J]. 农业技术,1989,44(9):41-45.
- [8] 莫永生,蔡中全,张磊,等. 水稻株高、基部第二伸长节间茎粗和茎壁厚的初步遗传分析[J]. 植物遗传资源学报,2007,8(1):91-94.
- [9] 杨长明,杨林章,颜廷梅,等. 不同养分和水分管理模式对水稻抗倒伏能力的影响[J]. 应用生态学报,2004,15(4):646-650.
- [10] 马均,马文波,田彦华,等. 重穗型水稻植株抗倒伏能力的研究[J]. 作物学报,2004,30(2):143-148.
- [11] 张明聪,刘元英,罗盛国,等. 养分综合管理对寒地水稻抗倒伏性能的影响[J]. 中国农业科学,2010,43(21):4536-4542.
- [12] Rao M. Lodging Resistance Ability in Rice[J]. Agron. Abroa, Rice,1981,2:81-82.
- [13] Wan Shanben, Kiyochika, Hoshikawa. Studies on lodging in rice plants. II. Morphological characteristics of the stem at the breaking position [J]. NJP. J. Crop Sci. 1991, 60(4):566-573.
- [14] 张春平. 抛秧水稻易倒伏原因及改进措施[J]. 安徽农学通报,2008,14(9):235.
- [15] 魏凤珍,李金才,王成雨,等. 氮肥运筹模式对小麦茎秆抗倒性能的影响[J]. 作物学报,2008,34(6):1080-1085.

Effects of Nitrogen Fertilizer Management on Lodging Resistance of Rice in Cold Area

SU Dong-hang, PENG Xian-long, LUO Sheng-guo, LIU Yuan-ying, SONG Wen-bo, ZHANG Yu
(Resource and Environment College of Northeast Agricultural University, Harbin 150030)

Abstract: Taking Kongyu 131 as experimental material, a field experiment was conducted with the same panicle proportion ($35 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$) and different basic tillering ($\text{N}_1: 30 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$; $\text{N}_2: 65 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ and $\text{N}_3: 85 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$), and with the control of the fertilization with the basic tillering only ($\text{N}_4: 150 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$), the effect of nitrogen management on the lodging resistance of rice was studied to provide theoretical basis for fertilization of rice plant in cold area. The results showed that with the increasing of the basic tillering, the plant height increased until the basic tillering exceeded the level of $65 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$; there was non-notable difference with the length of the basal stem of different treatments when the basic tillering didn't exceed the level of $85 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, but that would be another condition if the basic tillering exceeded the level of $150 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$. In all treatments, the gravity center height, the stem diameter and the stem wall thickness of N_2 were the highest. The snapping increased first and then decreased with the increasing of the basic tillering. For that, the snapping of N_2 was the lowest, and that of N_4 was the highest. The lodging index resistance increased with the increasing of the basic tillering. The comparative condition of the yield of different treatments was that: $\text{N}_1 < \text{N}_4 < \text{N}_2 < \text{N}_3$. The yield increased first and then decreased with the increasing of the N fertilization. Therefore, the treatment with appropriate basic tillering had higher yield and lodging resistance through optimizing internode collocation, increasing culm stem diameter and thicker stem wall thickness.

Key words: Nitrogen fertilizer management; lodging index; grain yield