

不同氮肥施入量及基追比对小麦倒伏性状、产量的影响

沈晓斌

(迭部县农业技术推广站, 甘肃甘南州 747400)

摘要:【目的】研究不同氮肥施入量及基追比对小麦倒伏性状、产量的影响, 以提升小麦产量及籽粒品质, 实现小麦的优质高产, 为小麦种植产业的持续健康发展奠定基础。【方法】对种植田块氮肥施入量及基追比两个因素进行随机区组设计。氮肥施入量设置A (135kg/hm²)、B (180kg/hm²)、C (225kg/hm²)、D (270kg/hm²) 四个不同水平, 基追比设置E (10:0)、F (7:3)、G (5:5)、H (3:7) 四个水平分析小麦倒伏率及倒伏程度、基部节间形态特征及抗倒指数、茎秆基部节间干重、籽粒产量及其构成因素。【结果】在氮肥施入量为135-225kg/hm²这一范围内, 随着氮肥施入量的增加、前期基肥量的提升, 小麦株高、重心高度以及基部节间长度均有所提升, 在氮肥施入量为225kg/hm²、基追比为5:5时, 小麦基部节间茎壁厚度以及粗度达到了最大值; 在氮肥施入量继续增加的情况下, 小麦茎壁厚度以及粗度并未持续增加。在氮肥施入量超过225kg/hm²时, 小麦倒伏率及倒伏程度明显提升。在氮肥施入量为135-225kg/hm²时, 在基追比相同的情况下, 随着氮肥施入量的增加, 小麦籽粒产量呈增加趋势, 在氮肥施入量超过225kg/hm²时, 小麦籽粒产量略微降低。在氮肥施入量为225kg/hm²、基追比为5:5时小麦产量达到了最大值。【结论】在氮肥施入量为225kg/hm²、基追比为5:5时, 田间小麦群体结构较为合理、茎秆节间具备良好的综合抗倒性, 可有效降低小麦茎秆倒伏率, 减轻小麦倒伏程度, 实现高产稳产。

关键词: 施肥方式; 小麦; 倒伏性状; 产量; 影响

在我国小麦是一种重要的粮食作物, 对维护我国粮食安全意义重大^[1]。倒伏是影响小麦产量的一个重要问题, 会增加小麦病虫害发生概率, 降低小麦千粒重, 减少有效穗数, 导致小麦产量三要素不协调, 严重影响小麦产量^[2]。在小麦大田生产过程中, 如何培育健壮个体、构建良好的株型、提升茎秆质量、增强茎秆抗倒伏性能、减少倒伏问题的出现已成为小麦高产栽培研究的一个热点问题^[3]。恶劣天气、过多降水等是小麦倒伏的外因, 而过量的氮素营养则是小麦倒伏的主要内因^[4]。科学合理的氮肥施入是调节小麦植株性状、提升其抗倒性能的重要措施^[5]。在高肥水条件下, 将小麦氮肥用量及基肥用量适当降低, 可缩短其茎秆基部节间长度、加大茎壁厚度、提升茎壁机械强度、延长穗下节间长度, 对植株上部叶片通风条件以及透光条件有效改善。井长勤等^[6]认为增施氮肥会导致小麦茎秆基部节间长度干重降低; 王成雨等^[7]认为严格把控氮肥施入量可控制小麦茎秆基部节间伸长, 但不会影响穗下节间长度, 增强茎秆强度、增加茎壁厚度可达到有效抗倒的效果。杨世民等^[8]发现氮肥用量的适当减少, 可提升茎秆基部节间纤维素以及

木质素的含量, 提高小麦茎秆的抗倒性能。由此可见, 科学的施氮方式可改善小麦的茎秆形态、提升机械强度, 促进小麦高产抗倒。本文主要研究不同施氮量及基追比对小麦倒伏性状以及产量的影响, 以探寻科学合理的氮肥运筹方式, 希望为小麦高产及稳产奠定基础。

1 试验地概述

试验地位于迭部县洛大镇洛大村。当地为非典型性大陆性气候, 干湿季分明, 降水主要集中于夏季。海拔高度为1600-4102m之间, 平均日照时长为2243h, 年平均气温为8-11℃。当地年平均降水量为635mm, 无霜期为147日。种植地块土壤为沙壤土, 播种前0-20cm土层土壤内有机质含量11.62g/kg, 速效磷含量15.71mg/kg, 速效钾含量117.07mg/kg, 全氮含量102.09mg/kg。种植地块前茬作物为夏玉米, 在收获夏玉米后其秸秆全部采取机械粉碎方式处理并用于还田。

2 材料与方法

2.1 试验品种及试验设计

试验品种为烟农19号。

在试验过程中, 分别对种植田块氮肥施入量及基追比两个因素进行随机区组设计。氮肥施入量设置A (135kg/hm²)、B (180kg/hm²)、C (225kg/hm²)、

作者简介: 沈晓斌, 高级农艺师, 专科, 研究方向: 农业技术推广。Email: aashsh123@163.com

D (270kg/hm²) 四个不同水平;而在基追比方面设置 E (10:0)、F (7:3)、G (5:5)、H (3:7) 四个水平。共设置16个处理,各个处理分别重复3次。各个小区长宽为4m×3m,面积为12m²。于2020年10月30日播种,栽植密度为225万株/hm²,磷肥及钾肥的施入量均为112.5kg/hm²,二者全部采取基施方式施入,其他田间管理方式采取当地高产栽培管理模式。

2.2 测定项目及方法

2.2.1 倒伏时间及倒伏率

在灌浆后期,对小麦倒伏的时间仔细观察,同时测量倒伏面积。

$$\text{倒伏率} = \frac{\text{每小区倒伏面积}}{\text{小区总面积之比}} \times 100\%$$

倒伏程度级别(即茎秆及地面夹角)表示:分为0级(75°-90°)、1级(45°-75°)、2级(15°-45°)、3级(0°-15°)^[5]。

$$\text{倒伏系数} = \frac{\text{倒伏率}}{\text{倒伏程度}}$$

2.2.2 茎秆形态指标及干物质输出率

(1) 株高

在小麦灌浆期,分别于不同处理各小区内选择长势均匀、大小一致的小麦植株,将小麦根系去除后,分别测量各植株主茎长度并计算平均值。

(2) 重心高

将携带有叶片、叶鞘及穗的茎秆中部位置置于支点上,对茎秆位置调节,确保茎秆在支点上平衡,测量茎秆基部顶端至其平衡支点的距离,此数值即为重心高度。

(3) 节间长度

取植株主茎,去除叶片及叶鞘,测量各单茎基部节间长度。

(4) 茎秆粗度

测量各单茎基部节间粗度,即茎秆粗度。

(5) 秆壁厚度

采用游标卡尺测量各单茎秆壁厚度(即节间中部双壁厚度)。

$$\text{秆壁厚度} = \frac{\text{外径} - \text{内径}}{2}$$

(6) 干物质重

在105℃条件下杀青30min,于75℃条件下烘干直

至恒重并测量。

开花期至乳熟期基部节间干物质输出率 =

$$\frac{\text{开花期基部节间干重} - \text{乳熟期基部节间干重}}{\text{开花期基部节间干重}} \times 100\%$$

开花期至蜡黄期基部节间干物质输出率 =

$$\frac{\text{开花期基部节间干重} - \text{蜡熟期基部节间干重}}{\text{开花期基部节间干重}} \times 100\%$$

2.2.3 茎秆机械强度及抗倒指数

在小麦灌浆期,于各小区内分别选择5株长势均匀、大小一致的小麦植株,采用茎秆强度测定仪测量基部节间强度。

$$\text{基部第三节间抗倒指数} = \frac{\text{基部第三节间机械强度}}{\text{重心高度}}$$

2.2.4 产量测定

在小麦收获期,计算小麦每公顷穗数、千粒重及产量。

2.3 数据处理

采用Excel 2010及SPSS20.0对数据统计并分析。

3 结果与分析

3.1 不同施肥方式对小麦倒伏率及倒伏程度的影响

不同施肥方式对小麦倒伏率及倒伏程度的影响见表1。从表1中可以看出,小麦倒伏主要发生于乳熟期及蜡熟期。在增加氮肥施入量后,小麦茎秆倒伏性状明显改变。在同一追肥比例条件下,小麦倒伏率及倒伏程度由高到低依次为A、B、C、D,除A处理外,同一氮肥施入量下,小麦倒伏率及倒伏程度表现为E>F>G>H。在各个处理中,以DE处理茎秆倒伏最为严重,其倒伏率甚至达到了57%。

3.2 不同施肥处理对小麦基部节间形态特征及抗倒指数的影响

不同施肥处理对小麦基部节间形态特征及抗倒指数的影响见表2。从表2中可以看出,随着氮肥施入量的不断增加,小麦株高、重心高度、秆壁厚度、机械强度、抗倒指数均存在明显差异,其整体趋势由高到低依次为:C、B、D、A。在同一氮肥施入量下,不同基追比处理小麦株高、重心高度、基部节间长度存在显著差异,随着基肥氮肥施入比例的降低,上述

表1 不同施肥方式对小麦倒伏率及倒伏程度的影响

氮肥 施入量	基追比	倒伏率	倒伏程度	倒伏系数	倒伏时期
A	E	2	1	0.02	乳熟期
	F	4	1	0.04	乳熟期
	G	4	1	0.04	蜡熟期
	H	0	0	0.00	—
B	E	29	1	0.29	乳熟期
	F	18	1	0.18	乳熟期
	G	14	1	0.14	乳熟期
	H	11	1	0.11	蜡熟期
C	E	30	2	0.15	乳熟期
	F	11	1	0.11	乳熟期
	G	16	1	0.16	乳熟期
	H	10	1	0.10	蜡熟期
D	E	57	3	0.19	乳熟期
	F	40	3	0.13	乳熟期
	G	32	2	0.16	乳熟期
	H	32	2	0.16	乳熟期

指标持续下降；但是在同一氮肥施入量下，不同基追比小麦茎秆粗度、秆壁厚度以及机械强度由高到低依次为：G、F、H、E。综合来看，在CG处理下，小麦茎秆粗度以及秆壁厚度达到了最大值，在CH处理下小麦机械强度以及抗倒指数达到了最大值。上述结果表明，科学合理的施肥方式能够有效降低小麦株高以及重心高度，缩短小麦节间长度，加大小麦茎秆粗度，提升小麦基部节间机械强度以及抗倒指数。

3.3 不同施肥处理对小麦茎秆基部节间干重的影响

不同施肥处理对小麦茎秆基部节间干重的影响见表3。从表3中可以看出，在开花后，随着时间的推移，小麦基部第三节间干重逐渐减少。在追肥比例相同的条件下，开花期乳熟期基部第三节间干重由高到低依次为B、A、C、D，而在蜡熟期，第三节间干重由高到低依次为F、G、E、H。在施氮量相同的条件下，增加追肥所占比例，可提高小麦基部节间干重，降低干物质在花后向籽粒的输出率。综上所述，科学合理的施肥方式可帮助小麦提升其节间充实度，在此

表2 不同施肥处理对小麦基部节间形态特征及抗倒指数的影响

施氮量	基追比	株高 (cm)	重心高度 (cm)	基部第三节间				
				节间长度 (cm)	茎秆粗度 (cm)	秆壁厚度 (cm)	机械强度 (N)	抗倒指数
A	E	83.46c	38.48f	9.04de	0.161h	0.056fgh	3.411j	0.089i
	F	80.24de	36.08de	8.54fg	0.165fg	0.060def	3.911i	0.108h
	G	79.44e	35.86f	8.48g	0.167ef	0.061de	4.678h	0.130fg
	H	75.81f	35.07g	8.24h	0.152j	0.053h	3.778ij	0.108h
B	E	84.68abc	40.18bc	9.31d	0.164j	0.060def	5.178gh	0.129ef
	F	83.98c	40.08ab	8.81e	1.168de	0.065bc	5.878ef	0.147cd
	G	81.61d	39.08ab	8.58f	0.170cd	0.06ab	6.244de	0.160b
	H	81.21de	37.71g	8.28fg	0.157i	0.056gh	6.678cd	0.177a
C	E	85.91ab	41.78ab	9.48b	0.170cd	0.061cd	6.444cd	0.154d
	F	84.14bc	41.01bc	9.38bc	0.176b	0.069a	6.744bc	0.164c
	G	83.51c	40.91cd	9.08de	0.179a	0.067ab	7.178b	0.176b
	H	80.44de	39.84g	8.64fg	0.166f	0.060def	7.844a	0.197a
D	E	86.48a	41.91a	10.11a	0.170cd	0.061de	4.778h	0.114g
	F	86.44a	41.18ab	9.48b	0.171c	0.069ab	4.978h	0.121ef
	G	83.71c	41.01bc	9.21cd	0.178a	0.066abc	5.011h	0.122e
	H	81.61d	37.61f	8.68f	0.165fg	0.057efg	5.533fg	0.147d

注：不同小写字母表示在0.05水平差异显著，以下同。

表3 不同施肥处理对小麦茎秆基部节间干重的影响

施氮量	基追比	基部三节间				
		干重 (g)			输出率 (%)	
		开花期	乳熟期	蜡熟期	开花-乳熟	开花-蜡熟
A	E	0.297de	0.262d	0.232ef	11.78hij	21.86de
	F	0.312c	0.276c	0.245cde	11.54j	21.47e
	G	0.335ab	0.300b	0.270b	10.45k	19.40f
	H	0.346a	0.315a	0.286a	8.96l	17.34g
B	E	0.296de	0.249e	0.228fg	15.88abc	22.97cd
	F	0.307cd	0.259de	0.239def	15.64bcd	22.15de
	G	0.326b	0.277c	0.257c	15.03cd	21.17e
	H	0.338ab	0.295b	0.272b	12.72ghi	19.53f
C	E	0.269f	0.226g	0.202h	15.99ab	24.91ab
	F	0.278f	0.237f	0.218g	14.75de	21.58de
	G	0.295de	0.256de	0.235def	13.22fg	20.34e
	H	0.306cd	0.267cd	0.247cd	12.75gh	19.28f
D	E	0.247g	0.207cd	0.183i	16.19a	25.91a
	F	0.254g	0.219g	0.194hi	13.78ef	23.62bc
	G	0.272f	0.237f	0.219g	12.87fg	19.49f
	H	0.283ef	0.250e	0.233ef	11.66ij	17.67g

基础上提高其抗倒伏能力。

3.4 不同追肥处理对小麦籽粒产量及其构成因素的影响

不同追肥处理对小麦籽粒产量及其构成因素的影响见表4。从表4中可以看出，在氮肥施入量为135–225kg/hm²时，基追比相同情况，随着氮肥施入量的增加，小麦籽粒产量呈增加趋势，在氮肥施入量超过225kg/hm²时，小麦籽粒产量略微降低。在氮肥施入量相同的情况下，小麦籽粒产量由高到低依次为G、F、E、H。在CG处理条件下，小麦产量达到了最大值，而在AE处理条件下，小麦产量为最低，CG处理小麦产量比AE处理高出了27.75%。

从产量构成因素来看，在追施比相同的情况下，随着氮肥施入量的不断提升，小麦有效穗数以及穗粒数呈相同的变化趋势，其由高到低依次为C、D、B、A；在氮肥施入量相同的情况下，随着追肥占

比的逐渐提高，小麦有效穗数持续上升，但是穗粒数持续降低。在CH处理条件下，小麦有效穗数达到了最大值，在CG处理条件下，小麦穗位数达到了最大值。在不同施肥量以及追肥比例条件下，小麦千粒重并不存在明显差异，这表明基施氮肥施入量的适当增加可有效提升小麦穗粒数量；而追施氮肥比例的适当提高可显著增加小麦有效穗数，在氮肥施入量为225kg/hm²、基追比为5：5时，小麦有效穗数及穗粒数较高。

4 讨论

4.1 不同施肥方式对小麦倒伏性能的影响

科学的施肥方式可有效调节小麦基部节间长度以及穗下节间长度二者间的比例关系，使基部节间粗度有所增加，秆壁厚度有所提升，在此基础之上提高小麦的抗倒伏性能^[9]。不少学者在此方面均有所研究，例如梁玉超等^[10]发现，氮肥施入量的适当增加，

表4 不同追肥处理对小麦籽粒产量及其构成因素的影响

氮肥施入量	基追比	有效穗数 (个×10 ⁴ /hm ²)	穗粒数 (个)	千粒重 (g)	产量 (kg/hm ²)
A	E	511.11i	39.53ab	40.78a	6489.35i
	F	546.44gh	38.55bc	40.24a	6622.75hi
	G	561.11fg	39.33cd	40.96a	7139.67fg
	H	580.44c	32.40g	41.80a	6414.31i
B	E	540.44h	40.98ab	40.03a	6947.91fgh
	F	547.11gh	38.09de	39.68a	7156.4ef
	G	550.44de	36.87de	40.43a	7506.52de
	H	627.11gh	33.44g	40.64a	6839.52gh
C	E	618.44c	44.93a	39.99a	7898.39bc
	F	590.44d	39.47ab	39.21a	8198.54ab
	G	650.44ab	37.11de	40.14a	8290.25a
	H	659.11a	35.48f	40.18a	7848.36bcd
D	E	575.11ef	44.91ab	40.19a	7773.32cd
	F	613.78c	38.93b	39.35a	7931.74bc
	G	623.11c	37.78cd	40.61a	8131.84abc
	H	641.78b	36.53def	41.68a	7823.35cd

可有效提升小麦株高以及重心高度，增加小麦节间长度以及单株鲜重，但是会导致小麦茎秆粗度降低，机械强度以及抗倒指数减小，从而提升小麦的倒伏概率。魏凤珍等^[11]认为，随着追肥比例的增加，小麦基部节间长度以及穗下节间长度有所增加，壁厚及充实度有所提升，但是株高以及各节间长度则反之，表明基肥用量的减少、追肥比例的提高，能够为小麦构建一个良好的株型结构，在此基础之上降低其倒伏风险。周洁等^[12]认为，随着氮肥施入量以及追肥比例的提升，小麦基部节间长度增加、粗度降低、充实度下降，其茎秆强度有所降低，田间倒伏概率及危害均有增加。在本研究当中，在氮肥施入量135–225kg/hm²时，随着氮肥施入量的增加、前期基肥量的提升，小麦株高、重心高度以及基部节间长度均有所提升，这与前人的研究结果相一致；然而在氮肥施入量为225kg/hm²、基追比为5：5时，小麦基部节间茎壁厚度以及粗度达到了最大值，在氮肥施入量继续增加的情况下，小麦茎壁厚度以及粗度并未持续增加。相

反的，在氮肥施入量超过225kg/hm²时，小麦倒伏率及倒伏程度将明显增加，表明在科学的氮肥施入模式下，小麦基本节间性状将有所改善，小麦抗倒能力将有所提升。

4.2 不同施肥方式对小麦产量的影响

作物产量的形成是由各个产量构成因子相互作用的结果^[13]。张炳勇等^[14]认为，氮肥的适当增施可提升小麦分蘖能力，促进穗发育，增加单位面积穗数及穗粒数，提升小麦粒重，最终提升小麦产量。王宜伦^[15]及陈祥等^[16]认为，将氮肥后移，小麦穗数、产量及氮肥利用效率将有效提升。在本试验不同施肥模式下，在氮肥施入量为135–225kg/hm²时，在基追比相同的情况下，随着氮肥施入量的增加，小麦籽粒产量呈增加趋势，在氮肥施入量超过225kg/hm²时，小麦籽粒产量略微降低。可以看出，在氮肥施入量为225kg/hm²、基追比为5：5时小麦产量达到了最大值，这说明氮肥的适当后移可在一定程度上促进小麦产量的提升，而其增产主要是由于单位面积的粒数增

多,千粒重对其无明显促进作用。

5 结论

在氮肥施入量为 $135\sim 225\text{kg}/\text{hm}^2$ 这一范围时,随着氮肥施入量的增加、前期基肥量的提升,小麦株高、重心高度以及基部节间长度均有所提升,在氮肥施入量为 $225\text{kg}/\text{hm}^2$ 、基追比为 $5:5$ 时,小麦基部节间茎壁厚度以及粗度达到了最大值,在氮肥施入量继续增加的情况下,小麦茎壁厚度及粗度并未持续增加。在氮肥施入量超过 $225\text{kg}/\text{hm}^2$ 时,小麦倒伏率及倒伏程度明显提升。在氮肥施入量为 $135\sim 225\text{kg}/\text{hm}^2$ 时,在基追比相同的情况下,随着氮肥施入量的增加,小麦籽粒产量呈增加趋势,在氮肥施入量超过 $225\text{kg}/\text{hm}^2$ 时,小麦籽粒产量略微降低。在氮肥施入量为 $225\text{kg}/\text{hm}^2$ 、基追比为 $5:5$ 时小麦产量达到了最大值。

综上所述,在本试验条件下,在氮肥施入量为 $225\text{kg}/\text{hm}^2$,基追比为 $5:5$ 时,田间小麦群体结构较为合理、茎秆节间具备良好的综合抗倒性,可有效降低小麦茎秆倒伏率,减轻小麦倒伏程度,便于实现高产稳产。

参考文献

- [1] 顾大路,杨秀梅,杜小凤,等.不同耕作方式下施用劲丰谷德对小麦抗倒伏性状与产量的影响[J].江苏农业科学,2021,49(20):103-107.
- [2] 刘仲秋,徐杭杭,张浩男,等.推迟灌拔节水条件下种植模式对冬小麦抗倒伏特性和产量的影响[J].农业工程学报,2021,37(1):101-107.
- [3] 杜小凤,顾大路,杨文飞,等.增产抗倒伏化控剂劲丰谷德对小麦生长发育及产量构成的影响[J].农业科技通讯,2019(2):113-115.
- [4] 李霞,张吉旺,任佰朝,等.小麦玉米周年生产中耕作对夏玉米产量及抗倒伏能力的影响[J].作物学报,2014,40(6):1093-1101.
- [5] 张明伟,马泉,丁锦峰,等.密度与肥料运筹对迟播小麦产量和茎秆抗倒能力的影响[J].麦类作物学报,2018,38(5):584-592.
- [6] 井长勤,周忠,张永.氮肥运筹对小麦倒伏影响的研究[J].徐州师范大学学报(自然科学版),2003,21(4):46-49.
- [7] 王成雨,代兴龙,石玉华,等.氮肥水平和种植密度对冬小麦茎秆抗倒性能的影响[J].作物学报,2012,38(1):121-128.
- [8] 杨世民,谢力,郑顺林,等.氮肥水平和栽插密度对杂交稻茎秆理化特性与抗倒伏性的影响[J].作物学报,2009,35(1):93-103.
- [9] 张明伟,易媛,董召娣,等.氮肥对扬麦20茎秆性状和抗倒性能的影响[J].麦类作物学报,2014,34(9):1260-1266.
- [10] 梁玉超,张永强,石书兵,等.施氮量对滴灌冬小麦茎部特征及其抗倒伏性的影响[J].麦类作物学报,2017,37(11):1467-1472.
- [11] 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.
- [12] 周洁,王旭,朱玉磊,等.氮肥运筹模式对小麦茎秆抗倒性能与产量的影响[J].麦类作物学报,2019,39(8):979-987.
- [13] 吴晓丽,李朝苏,汤永禄,等.氮肥运筹对小麦产量、氮素利用效率和光能利用率的影响[J].应用生态学报,2017,28(6):1889-1898.
- [14] 张炳勇,崔日鲜.氮肥运筹对冬小麦光合特性和产量的影响[J].青岛农业大学学报(自然科学版),2010,27(3):195-199+204.
- [15] 王宜伦,李潮海,谭金芳,等.氮肥后移对超高产夏玉米产量及氮素吸收和利用的影响[J].作物学报,2011,37(2):339-347.
- [16] 陈祥,同延安,亢欢虎,等.氮肥后移对冬小麦产量、氮肥利用率及氮素吸收的影响[J].植物营养与肥料学报,2008,14(3):450-455.