

胡文静,程顺和,程晓明,等. 栽培措施对弱筋小麦品种扬麦 20 产量、品质和氮肥农学利用率的影响[J]. 江苏农业学报, 2018, 34( 3 ): 487-492.

doi: 10.3969/j.issn.1000-4440.2018.03.002

## 栽培措施对弱筋小麦品种扬麦 20 产量、品质和氮肥农学利用率的影响

胡文静, 程顺和, 程晓明, 王君婵, 吴荣林, 陆成彬

(江苏里下河地区农业科学研究所/农业部长江中下游小麦生物学与遗传育种重点实验室,江苏 扬州 225007)

**摘要:** 以弱筋小麦扬麦 20 为研究对象,采取田间裂区试验,研究了播期、播种密度和施氮量对其产量、品质和氮肥农学利用率的影响。结果表明,播期、施氮量和密度都对产量具有显著影响,穗数和千粒质量是扬麦 20 产量形成的关键因子,品质性状和氮肥农学利用率主要受播期和施氮量影响,随着施氮量增加,籽粒蛋白质含量显著升高,氮肥农学利用率显著降低。本试验中扬麦 20 在播期 11 月 4 日,密度每  $1\text{ hm}^2$   $2.25\times 10^6$ ,施氮量  $180\text{ kg/hm}^2$  处理下,产量和弱筋品质最为协调,氮肥农学利用率可达  $12.92\text{ kg/kg}$ 。

**关键词:** 小麦; 播期; 施氮量; 密度; 产量; 品质; 氮肥农学利用率

**中图分类号:** S512.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4440(2018)03-0487-06

## Effects of cultivation measures on yield, quality and nitrogen agronomic efficiency of weak-gluten wheat cultivar Yangmai 20

HU Wen-jing, CHENG Shun-he, CHENG Xiao-ming, WANG Jun-chan, WU Rong-lin, LU Cheng-bin

(*Institute of Agricultural Science of the Lixiahe District in Jiangsu Province/Key Laboratory of Wheat Biology and Genetic Breeding in the Middle and Lower Yangtze River, Ministry of Agriculture, Yangzhou 225007, China*)

**Abstract:** A weak-gluten wheat cultivar Yangmai 20 was used to investigate the effects of sowing date, plant density and nitrogen rate on yield, quality and nitrogen agronomic efficiency (NAE) in a field experiment. The results showed that sowing date, nitrogen rate and plant density had significant effect on the yield. The spike number and thousand grain weight were the key factors in the formation of Yangmai 20, the quality traits and NAE were mainly affected by sowing date and nitrogen rate. Grain protein content increased significantly and NAE reduced significantly with the increase of nitrogen rate. In this experiment, when sown on November 4, the recommended plant density and nitrogen rate were  $2.25\times 10^6$  plants per hectare and  $180\text{ kg/hm}^2$ , the yield and quality of Yangmai 20 were most coordinated, and the NAE could reach  $12.92\text{ kg/kg}$ .

**Key words:** wheat; sowing date; nitrogen rate; density; yield; quality; nitrogen agronomic efficiency (NAE)

收稿日期: 2017-10-17

**基金项目:** 国家重点研发计划项目(2016YFD0101802);扬州市现代农业项目(YZ2016033);长江中下游优势小麦品种技术试验示范项目;国家现代农业产业技术体系项目(CARS-3-2-11)

**作者简介:** 胡文静(1984-),女,安徽芜湖人,硕士,助理研究员,主要从事小麦遗传育种与栽培。(E-mail) huren2008@126.com

**通讯作者:** 陆成彬, (Email) luch23@126.com

长江中下游地区是中国唯一的弱筋小麦产业带,随着专用小麦的发展,江苏已成为最大的弱筋小麦生产基地。弱筋小麦的高产栽培管理往往与品质调优存在一定的矛盾,例如氮肥管理方面会造成“产量不高”、“弱筋不弱”等问题<sup>[1-2]</sup>,弱筋小麦的优质高产难以同步实现。因此如何在获得较高产量的基础上,品质达到弱筋小麦的要求,是促进小麦产业化发展的关键所在。前人就不同栽培因子对小麦产

量和品质影响的相关研究较多<sup>[3-11]</sup>,也有一些弱筋小麦品质调优配套栽培措施的研究,但结论不尽相同<sup>[12-16]</sup>。此外,在小麦生产中,氮肥利用率是衡量施氮量是否合适的一个重要指标。早在 80 年代初,Austin<sup>[17]</sup>就指出,随着小麦产量的不断提高,氮素吸收与利用问题将日益突出。氮肥农学利用率是从籽粒产量的角度描述作物对氮肥的利用率<sup>[18]</sup>,有研究表明,适当增加种植密度有利于氮肥农学利用率的提高<sup>[19-20]</sup>。目前就栽培措施对弱筋小麦产量、品质和氮肥农学利用率协同调控效应的研究报道较少。扬麦 20 是江苏里下河地区农业科学研究所育成的高产抗病弱筋小麦品种,2010 年通过国家审定,是目前长江中下游小麦区试对照品种<sup>[21]</sup>。本试验旨在通过研究播期、密度和施氮量对弱筋小麦扬麦 20 产量、品质和氮肥农学利用率的影响,探讨弱筋小麦适宜栽培调控措施,为其优质、高产、高效生产提供理论和实践依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试材料为弱筋小麦品种扬麦 20。

### 1.2 试验点概况

试验于 2015–2016 年在江苏里下河地区农业科学研究所湾头试验基地进行,前茬作物为水稻。土质为粉砂质壤土,0~20 cm 土壤含有机质 16.57 g/kg、碱解氮 71.89 mg/kg、速效磷 16.70 mg/kg、速效钾 54.20 mg/kg、全氮 1.04 g/kg、全磷 0.59 g/kg、全钾 11.98 g/kg。

### 1.3 试验设计

试验采用三因素裂区设计,以播期为主区,设 10 月 20 日(A1)、11 月 4 日(A2)、11 月 19 日(A3);以播种密度为副区,设每 1 hm<sup>2</sup> 1.50×10<sup>6</sup> (B1)、2.25×10<sup>6</sup> (B2)、3.00×10<sup>6</sup> (B3);以施氮水平为裂区,设 180 kg/hm<sup>2</sup> (C1)和 270 kg/hm<sup>2</sup> (C2),共 18 个处理,重复 2 次。另设对应播期和密度的 9 个不施氮肥小区,以计算氮肥农学利用率。播种前浇水造墒,保证每一期播种时田间湿度基本一致。基肥:壮蘖肥:拔节肥=7:1:2(质量比),基肥于播种前 1 d 施用,壮蘖肥于 4 叶期施用,拔节肥于叶龄余数 2.5 叶时施用。播种前 1 d 将基氮肥和 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (105 kg/hm<sup>2</sup>)、K<sub>2</sub>O (105 kg/hm<sup>2</sup>) 施入土壤。其他田间管理均按照当地高产栽培要求统一进行。人工

点播,行距 23.3 cm,小区面积 6.67 m<sup>2</sup>。

### 1.4 测定项目与方法

产量及构成因素:成熟期调查单位面积有效穗数、穗粒数及千粒质量。每小区机械收割,自然晾晒,测含水率,换算成含水率 13%的产量。

籽粒品质:硬度用单粒谷物特性测定仪(SKCS4100)测定,以 300 粒种子硬度的平均值计算,其值越大,表示硬度越高;蛋白质含量采用 DA7200 近红外仪检测;全麦粉微量 SDS 沉淀值测量方法参照张晓等<sup>[22]</sup>方法。

小麦品种品质指标参照国家小麦品种分类<sup>[23]</sup>,弱筋品种硬度指数小于 50,粗蛋白(干基)小于 12.5%。

氮肥农学利用率=(施氮区籽粒产量-无氮区籽粒产量)/施氮量<sup>[24]</sup>

### 1.5 数据分析方法

试验数据采用 DPS7.05 与 Excel2007 软件进行统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同栽培措施对扬麦 20 籽粒产量的影响

由表 1 可知,不同播期间产量有显著差异,11 月 4 日播种扬麦 20 籽粒产量最高,显著高于 11 月 19 日。种植密度对籽粒产量有显著影响,密度每 1 hm<sup>2</sup> 2.25×10<sup>6</sup> 处理籽粒产量最高,较密度每 1 hm<sup>2</sup> 1.50×10<sup>6</sup>、每 1 hm<sup>2</sup> 3.00×10<sup>6</sup> 分别高 5.15% 和 0.84%。不同施氮量处理间籽粒产量有显著差异,施氮量增加,产量降低。从表 2 分析可知,播期和密度互作对产量有显著影响,10 月 20 日和 11 月 4 日播种,密度每 1 hm<sup>2</sup> 2.25×10<sup>6</sup> 处理产量最高,11 月 19 日播种,密度每 1 hm<sup>2</sup> 3.00×10<sup>6</sup> 处理产量最高,说明不同播期下密度对产量的效应不同。11 月 4 日播种、密度每 1 hm<sup>2</sup> 2.25×10<sup>6</sup>、施氮量 180 kg/hm<sup>2</sup> (A2B2C1)处理下产量达最高值(7 057 kg/hm<sup>2</sup>)。

### 2.2 不同栽培措施对扬麦 20 产量构成要素的影响

表 1 显示,播期对穗数有显著影响,对穗粒数和千粒质量无显著影响,播期推迟,穗数减少,10 月 20 日播种穗数最多,11 月 19 日播种穗数最少。密度对穗数、穗粒数和千粒质量有显著影响,密度从每 1 hm<sup>2</sup> 1.50×10<sup>6</sup> 增加到每 1 hm<sup>2</sup> 2.25×10<sup>6</sup>,穗数增加 9.37%,穗粒数显著降低,千粒质量变化不显著;密度再增加到每 1 hm<sup>2</sup> 3.00×10<sup>6</sup>,穗数增加 17.26%,

穗粒数、千粒质量显著降低。施氮量对穗数、穗粒数和千粒质量有显著影响,施氮量增加,穗数增加 10.67%,穗粒数和千粒质量显著减少。从表 2 分析可知,播期和密度互作对穗粒数有显著影响,10 月 20 日播种,密度每  $1\text{ hm}^2$   $1.50\times 10^6$  (A1B1) 处理穗粒数最多;播期和施氮量互作对穗粒数和千粒质量均有显著影响,10 月 20 日播种,施氮量  $180\text{ kg/hm}^2$  (A1C1) 处理穗粒数和千粒质量最高。

### 2.3 不同栽培措施对扬麦 20 氮肥农学利用率的影响

表 1 显示,播期对氮肥农学利用率有显著影响,播期推迟,氮肥农学利用率先降低后升高;不同密度间氮肥农学利用率无显著差异;施氮量对氮肥农学利用率有显著影响,施氮量增加,氮肥农学利用率降低。从表 2 分析可知,10 月 20 日播种,密度每  $1\text{ hm}^2$   $3.00\times 10^6$ ,施氮量  $180\text{ kg/hm}^2$  (A1B3C1) 处理氮肥农学利用率达到最高值 ( $17.35\text{ kg/kg}$ )。

表 1 单项栽培措施对扬麦 20 产量及其构成因素和氮肥农学利用率的影响

Table 1 Effects of single cultivation measure on yield and its components and nitrogen agronomic efficiency (NAE) of Yangmai 20

处理	产量 ( $\text{kg/hm}^2$ )	穗数 ( $\times 10^4$ , $1\text{ hm}^2$ )	穗粒数	千粒质量 (g)	氮肥农学 利用率 ( $\text{kg/kg}$ )
A1	6 553a	533.8a	41.67a	39.51a	13.04a
A2	6 712a	513.2ab	41.78a	40.76a	10.34b
A3	6 145b	469.9b	40.34a	39.51a	11.64ab
B1	6 273b	449.3b	43.63a	40.61a	11.44a
B2	6 596a	491.4b	41.08b	40.25a	11.44a
B3	6 541a	576.2a	39.09c	38.91b	12.14a
C1	6 596a	480.0b	42.29a	41.03a	14.57a
C2	6 344b	531.2a	40.23b	38.82b	8.78b

A1、A2、A3 分别表示播期为 10 月 20 日、11 月 4 日、11 月 19 日;B1、B2、B3 分别表示播种密度为每  $1\text{ hm}^2$   $150\times 10^4$ 、 $225\times 10^4$ 、 $300\times 10^4$ ;C1、C2 分别表示施氮水平为  $180\text{ kg/hm}^2$  和  $270\text{ kg/hm}^2$ 。同列数据后不同小写字母表示处理间差异达 0.05 显著水平。

表 2 不同组合栽培措施下扬麦 20 产量、产量构成因素和氮肥农学利用率

Table 2 Yield, the yield component and NAE of Yangmai20 under different cultivation measures

处理	产量 ( $\text{kg/hm}^2$ )	穗数 ( $\times 10^4$ , $1\text{ hm}^2$ )	穗粒数	千粒质量 (g)	氮肥农学利用率 ( $\text{kg/kg}$ )
A1B1C1	6 280efghi	419.0ef	47.08a	42.67a	14.32c
A1B1C2	6 233fghi	505.3bcde	44.93ab	38.04ef	9.38ef
A1B2C1	6 993a	502.8bcde	41.45cde	41.30abcd	16.89ab
A1B2C2	6 571bcdef	535.3bc	39.83efg	39.09cde	9.69ef
A1B3C1	6 751abc	602.8ab	39.40efg	39.94bcde	17.35a
A1B3C2	6 489bcdefg	637.8a	37.35g	36.04f	10.60de
A2B1C1	6 786ab	451.5cdef	44.98ab	41.56abc	13.50c
A2B1C2	6 415cdefgh	504.0bcde	41.18cde	40.50abcde	7.63fg
A2B2C1	7 057a	481.5cdef	43.60bc	41.89ab	12.92cd
A2B2C2	6 592bcde	534.0bc	40.73def	40.18abcde	6.89g
A2B3C1	6 790ab	517.8bcde	41.45cde	41.22abcd	13.03cd
A2B3C2	6 633bcd	590.3ab	38.78efg	39.20cde	8.10fg
A3B1C1	6 050ij	392.7f	42.78bcd	41.96ab	14.69bc
A3B1C2	5 873j	423.3def	41.35cde	38.95de	9.14efg
A3B2C1	6 272efghi	428.4def	40.45def	40.40abcde	13.76c
A3B2C2	6 088hij	466.5cdef	40.40def	38.65e	8.49efg
A3B3C1	6 383defghi	524.0bcd	39.48efg	38.35ef	14.67bc
A3B3C2	6 202ghij	584.6ab	38.08fg	38.75de	9.11efg

A1B1C1、A1B1C2、A1B2C1、A1B2C2、A1B3C1、A1B3C2、A2B1C1、A2B1C2、A2B2C1、A2B2C2、A2B3C1、A2B3C2、A3B1C1、A3B1C2、A3B2C1、A3B2C2、A3B3C1、A3B3C2 见表 1。同列数据后不同小写字母表示处理间差异达 0.05 显著水平。

## 2.4 扬麦 20 产量及其构成因素之间的偏相关分析

从扬麦 20 产量及其构成因素之间偏相关分析结果(表 3)可知,穗数与穗粒数和千粒质量之间存在显著的负相关,穗粒数与千粒质量之间存在一定的正相关,产量三要素与产量均具有正相关关系,相关性大小表现为穗数>千粒质量>穗粒数。

表 3 扬麦 20 产量及其构成因素之间的偏相关分析结果

Table 3 Partial correlation analysis of yield and its components of Yangmai20

项目	穗数	穗粒数	千粒质量	产量
穗数	1.000			
穗粒数	-0.408	1.000		
千粒质量	-0.472 *	0.286	1.000	
产量	0.578 **	0.118	0.502 *	1.000

\* 表示显著相关( $P<0.05$ ); \*\* 表示极显著相关( $P<0.01$ )。

## 2.5 不同栽培措施对扬麦 20 品质的影响

表 4 显示,播期对籽粒蛋白质含量、微量 SDS 沉降值和硬度均有显著影响,播期推迟,三者同步升高。密度对 3 个品质性状均无显著影响。施氮量对籽粒蛋白质含量和微量 SDS 沉降值有显著影响,对硬度无显著影响,施氮量增加,籽粒蛋白质含量和微量 SDS 沉降值升高。由表 5 可知,10 月 20 日和 11 月 4 日播种的扬麦 20 籽粒蛋白质含量均符合弱筋小麦品质指标<sup>[21]</sup>,推迟播期到 11 月 19 日,高氮肥处理下籽粒蛋白质含量超出弱筋小麦品质指标。

表 4 单项栽培措施对扬麦 20 品质性状的影响

Table 4 Effects of single cultivation measure on quality traits of Yangmai20

处理	蛋白质含量 (%)	微量 SDS 沉降值 (ml)	硬度
A1	10.81b	6.76c	18.18c
A2	11.63b	7.03b	22.97b
A3	12.80a	9.65a	26.72a
B1	11.83a	7.71a	22.77a
B2	11.78a	8.08a	22.62a
B3	11.63a	7.65a	22.49a
C1	11.24b	7.15b	22.66a
C2	12.25a	8.48a	22.59a

A1、A2、A3、B1、B2、B3、C1、C2 见表 1。同列数据后不同小写字母表示处理间差异达 0.05 显著水平。

表 5 不同组合栽培措施下扬麦 20 籽粒品质性状

Table 5 Grain quality traits of Yangmai20 under different cultivation measures

处理	蛋白质含量 (%)	微量 SDS 沉降值 (ml)	硬度
A1B1C1	10.09i	5.35e	18.50cde
A1B1C2	11.61cdefg	7.95c	16.25e
A1B2C1	10.16i	6.13e	19.03cde
A1B2C2	11.19efgh	7.50cd	18.72cde
A1B3C1	10.44hi	5.93e	18.44cde
A1B3C2	11.39defg	7.70c	18.16de
A2B1C1	11.11fgh	6.45de	23.53abcd
A2B1C2	12.37bc	7.88c	25.62ab
A2B2C1	11.39defg	6.43de	22.23bcd
A2B2C2	12.14bcde	7.90c	21.31bcde
A2B3C1	10.88ghi	6.18e	23.12abcd
A2B3C2	11.88cdef	7.35cd	22.05bcde
A3B1C1	12.37bc	9.13b	24.05abc
A3B1C2	13.45a	9.50b	28.67a
A3B2C1	12.41bc	9.50b	28.14a
A3B2C2	13.41a	11.00a	26.28ab
A3B3C1	12.30bcd	9.25b	26.94ab
A3B3C2	12.90ab	9.50b	26.26ab

A1B1C1、A1B1C2、A1B2C1、A1B2C2、A1B3C1、A1B3C2、A2B1C1、A2B1C2、A2B2C1、A2B2C2、A2B3C1、A2B3C2、A3B1C1、A3B1C2、A3B2C1、A3B2C2、A3B3C1、A3B3C2 见表 1。同列数据后不同小写字母表示处理间差异达 0.05 显著水平。

## 3 讨论

### 3.1 播期、施氮量和密度对扬麦 20 产量、品质和氮肥农学利用率的调控效应

吴九林等<sup>[14]</sup>认为当播期推迟到临界值 11 月 10 日以后,籽粒产量随播期推迟而下降,在一定范围内适当推迟播期有利于弱筋的形成。陆成彬等<sup>[25]</sup>认为播期对弱筋小麦籽粒产量和品质有负向作用。张敏等<sup>[26]</sup>的研究结果表明播期推迟会引起小麦产量结构的变化,进而引起产量下降。本研究结果表明,随播期推迟,扬麦 20 穗数减少,穗粒数和千粒质量变化不显著,产量降低,籽粒蛋白质含量、微量 SDS 沉降值和硬度升高,10 月 20 日和 11 月 4 日播期下籽粒蛋白质含量均能控制在弱筋小麦品质指标范围内,11 月 19 日播种且高氮肥处理的籽粒蛋白质含量超出弱筋小麦品质指标,证实了播期推迟对弱筋



小麦籽粒产量和品质有负向作用。王树丽<sup>[27]</sup> 研究认为播期推迟,氮素积累量降低,本试验中扬麦 20 在 11 月 4 日和 11 月 19 日播期的氮肥农学利用率均低于 10 月 20 日,因此扬麦 20 播期应适当提前,保证足够的穗数和高氮肥农学利用率,可协同实现高产和弱筋品质。

刘萍等<sup>[28]</sup> 的研究结果表明,弱筋品种扬麦 9 号播种密度从每  $1\text{ hm}^2$   $1.05\times 10^6$  增至每  $1\text{ hm}^2$   $2.40\times 10^6$  时,产量上升,播种密度再增加则产量下降,同时,当密度增加至每  $1\text{ hm}^2$   $2.40\times 10^6$  时,蛋白质含量下降,密度再增加则蛋白质含量略有上升。陆成彬等<sup>[22]</sup> 的研究结果表明,群体密度大有利于提高弱筋小麦的产量,且群体密度为每  $1\text{ hm}^2$   $2.25\times 10^6$  时籽粒蛋白质含量最低,有利于弱筋品质的形成。本试验结果表明密度由每  $1\text{ hm}^2$   $1.50\times 10^6$  增加到每  $1\text{ hm}^2$   $2.25\times 10^6$ ,穗数增加,群体变大,产量增加,密度继续增加到每  $1\text{ hm}^2$   $3.00\times 10^6$ ,穗数增加,群体密度过大,不利于单个麦穗的成花结实,穗粒数减少,千粒质量降低,产量增加受到抑制,表现为略有降低。因此,弱筋小麦扬麦 20 适宜播种密度应控制在每  $1\text{ hm}^2$   $2.25\times 10^6\sim 3.00\times 10^6$ 。

本试验结果表明密度对产量的调控效应受播期影响,推迟播期到 11 月 19 日,增加密度,产量增加,与前人报道的正常播期下密度对产量的调控效应有所不同<sup>[29-32]</sup>,也有研究结果表明<sup>[33-34]</sup>,晚播条件下提高小麦的种植密度以增加穗数,可提高产量。这主要是因为虽然播期推迟能显著降低冬前分蘖的数目,但是晚播小麦返青后分蘖数目会出现补偿性增长,以弥补冬前分蘖的不足,因此本试验中推迟播种后可通过增加密度来增加穗数,弥补产量损失。

束林华等<sup>[15]</sup> 认为在一定范围内,增施氮肥,籽粒产量、蛋白质含量提高,施氮量超过适宜值后,籽粒产量下降,施氮量以  $172\text{ kg/hm}^2$  左右最为适宜。本试验结果表明施氮量为  $180\text{ kg/hm}^2$  时,产量三要素协调发展,继续增加施氮量至  $270\text{ kg/hm}^2$ ,产量呈降低趋势,因为过高氮肥条件下穗数较多,群体密度过大,群体和个体之间难以协调发展,不利于小麦籽粒灌浆与干物质积累,穗粒数减少,千粒质量降低,产量三要素不能协调发展,从而造成产量下降。本试验结果还表明随着施氮量的增加,籽粒蛋白质含量和微量 SDS 沉降值显著增加,播期 11 月 19 日,施氮量  $270\text{ kg/hm}^2$  处理的籽粒蛋白质含量超出弱筋小

麦品质指标,不利于弱筋形成。朱新开等<sup>[7]</sup> 认为氮肥利用率与施氮量呈极显著二次曲线关系,当施氮量为  $161.25\text{ kg/hm}^2$  时,氮肥利用率最高。曹倩等<sup>[19]</sup> 认为无论何种密度下,降低施氮量的处理均显著提高氮素利用率,施氮量为  $180\text{ kg/hm}^2$  时氮肥农学利用率最高,与本试验结果一致。因此扬麦 20 作为弱筋小麦生产时施氮量应控制在  $180\text{ kg/hm}^2$  左右。

### 3.2 弱筋小麦扬麦 20 适宜栽培措施的确定

姚金保等<sup>[35]</sup> 研究了弱筋小麦宁麦 18 产量表现及产量结构关系,结果表明,产量三因素之间存在相互制约的关系,并认为三者对产量的作用大小为穗数>穗粒数>千粒质量。本试验结果表明,扬麦 20 产量构成因素中穗数与穗粒数和千粒质量的制约关系显著,穗粒数与千粒质量存在一定的相互促进关系,穗数、千粒质量是产量形成中重要的因子,其中穗数与产量相关性最大,说明扬麦 20 可在保证较高穗数的前提下,提高千粒质量,稳定穗粒数,发挥其最大产量潜力。

弱筋小麦生产应以降低蛋白质含量为目标,在优质的前提下获取高产、高效。综合分析不同处理组合下的扬麦 20 产量水平、氮肥农学利用率和籽粒蛋白质含量水平,可以得出该品种在播期 11 月 4 日,密度每  $1\text{ hm}^2$   $2.25\times 10^6$ ,施氮量  $180\text{ kg/hm}^2$  处理下,可保证产量和弱筋品质协同发展,氮肥农学利用率可达  $12.92\text{ kg/kg}$ 。

### 参考文献:

- [1] 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):640-645.
- [2] 陆增根,戴廷波,姜 东,等. 不同施氮水平和基追比对弱筋小麦籽粒产量和品质的影响[J]. 麦类作物学报,2006,26(6):75-80.
- [3] 刘万代,陈现勇,尹 钧,等. 播期和密度对冬小麦豫麦 49-198 群体性状和产量的影响[J]. 麦类作物学报,2009,29(3):464-469.
- [4] 伍 宏,朱昌华,夏 凯,等. 叶面喷施激动素对小麦品种济麦 22 品质的影响[J]. 江苏农业学报,2016,32(2):299-304.
- [5] 胡焕焕,刘丽平,李瑞奇,等. 播种期和密度对冬小麦品种河农 822 产量形成的影响[J]. 麦类作物学报,2008,28(3):490-495.
- [6] 石玉华,代兴龙,周晓燕,等. 不同栽培技术体系对冬小麦籽粒产量和品质的影响[J]. 山东农业科学,2016,48(8):26-29.
- [7] 裴艳婷,肖 磊,姚怀昌. 播期和施氮量互作对小麦产量性状的影响[J]. 山西农业大学学报(自然科学版),2017,37(7):477-

- 481.
- [8] 杨学明,姚金保,张 鹏,等.叶面喷施杀菌剂和肥料对小麦宁麦 14 产量及品质的影响[J].江苏农业科学,2016,44(9):97-99.
- [9] 徐阳春,蒋廷惠,张春兰,等.不同面包小麦品种的产量及蛋白质含量对氮肥用量的反应[J].作物学报,1998,24(6):731-737.
- [10] 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.
- [11] 石 玉,于振文,施氮量和氮肥底追比例对济麦 20 产量、品质及氮肥利用率的影响[J].麦类作物学报,2010,30(4):710-714.
- [12] 陆成彬,张伯桥,程顺和.弱筋小麦扬麦 9 号的应用前景探讨[J].江苏农业科学,2002(3):7-8,15.
- [13] 周 青,陈风华,张国良,等.施氮时期对弱筋小麦产量和品质的调节效应[J].麦类作物学报,2005,25(3):67-70.
- [14] 吴九林,彭长青,林昌明,等.播期和密度对弱筋小麦产量与品质影响的研究[J].江苏农业科学,2005(3):36-38.
- [15] 束林华,朱新开,陶红娟,等.施氮量对弱筋小麦扬辐麦 2 号产量和品质调节效应[J].扬州大学学报(农业与生命科学版),2007,28(2):37-41.
- [16] 王 慧,张 晓,高致富,等.氮肥运筹对弱筋小麦扬麦 20 产量和品质的影响[J].金陵科技学院学报,2015,30(2):49-52.
- [17] AUSTIN R B. Physiological limitations to cereal yields and ways of reducing them by breeding[C]//HURD R G. Opportunities for increasing crop yield. Cambridge: Cambridge University Press, 1980:3-19.
- [18] NOVOA R, LOOMIS R S. Nitrogen and plant production[J]. Plant Soil, 1981, 58:177-204.
- [19] 曹 倩,贺明荣,代兴龙,等.密度、氮肥互作对小麦产量及氮素利用效率的影响[J].植物营养与肥料学报,2011,17(4):815-822.
- [20] 周晓虎.播期和播量对不同穗型冬小麦籽粒产量形成及氮素利用效率的影响[D].泰安:山东农业大学,2013.
- [21] 吴宏亚,张伯桥,高德荣,等.丰产优质弱筋小麦新品种——扬麦 20[J].麦类作物学报,2013,33(5):1064.
- [22] 张 晓,李 曼,江 伟,等.小麦三个品质性状微量检测方法的应用与评价[J].麦类作物学报,2014,34(12):1651-1655.
- [23] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局.小麦品种品质分类:GB/T 17320-2013[S].北京:中国国家标准化管理委员会,2013.
- [24] ARVIND K S, JAGDISH K L, SINGH V K, et al. Calibrating the leaf color chart for nitrogen management in different genotypes of rice and wheat in a system perspective[J]. Agron J, 2004, 96:1606-1621.
- [25] 陆成彬,张伯桥,高德荣,等.栽培措施对弱筋小麦产量和蛋白质含量的影响[J].江苏农业学报,2006,22(4):346-350.
- [26] 张 敏,王岩岩,蔡瑞国,等.播期推迟对冬小麦产量形成和籽粒品质的调控效应[J].麦类作物学报,2013,33(2):325-330.
- [27] 王树丽.播期和种植密度对小麦群体结构与氮素利用效率的影响[D].泰安:山东农业大学,2012.
- [28] 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.
- [29] 刘 莹,唐 清,王立峰,等.播期和密度对襄麦 D31 籽粒产量及品质的影响[J].麦类作物学报,2017,37(3):376-381.
- [30] 姜丽娜,赵艳岭,邵 云,等.播期播量对豫中小麦生长发育及产量的影响[J].河南农业科学,2011,40(5):42-46.
- [31] 史晓芳,仇松英,史忠良,等.播期和播量对冬小麦尧麦 16 群体性状和产量的影响[J].麦类作物学报,2017,37(2):1-9.
- [32] 李豪圣,宋健民,刘爱峰,等.播期和种植密度对超高产小麦济麦 22 产量及其构成因素的影响[J].中国农学通报,2011,27(5):243-248.
- [33] 屈会娟,李金才,沈学善,等.种植密度和播期对周麦 18 碳氮转运、籽粒淀粉及蛋白质含量的影响[J].中国粮油学报,2009,24(10):23-27.
- [34] 张耀兰,曹承富,乔玉强,等.超晚播条件下密度和追氮时期对淮北地区小麦产量及品质的影响[J].中国农学通报,2012,28(36):160-164.
- [35] 姚金保,马鸿翔,杨学明,等.宁麦 18 的产量表现及产量结构分析[J].江西农业学报,2015,27(1):6-9.

(责任编辑:陈海霞)