

冬小麦带状撒播不同播期和播量对产量的影响

孙万荣, 霍成斌*, 李岩华, 李齐霞, 李中青 (山西省农业科学院谷子研究所, 山西长治 046011)

摘要 [目的]研究冬小麦撒播种植播期与播量对产量的影响。[方法]采用二因素裂区设计,对产量及其构成因素进行了分析。[结果]不同播期、播量的产量及其构成因素均有显著差异,播量对穗数的影响较大;播期对穗粒数、千粒重和产量的影响较大;播期与播量互作的影响不显著;冬小麦长 6359 撒播的产量在 6 723 ~ 7 261 kg/hm²,适宜播种期为 9 月 28 日—10 月 3 日,播量为 300.0 ~ 450.0 kg/hm²。在品种、播量对产量及产量构成因素的分析中,品种间的差异显著;不同品种同期播种,中穗型品种产量为最高。[结论]在一定的播期、播量范围内,选择适宜的品种类型进行撒播,早播可适当降低播量,提高成穗率,增加产量;晚播适当增加播量,提高主茎成穗数增加产量。

关键词 冬小麦;撒播;播期;播量;产量

中图分类号 S512.1⁺1;S352 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2018)12-0048-04

Effects of Different Sowing Dates and Sowing Volume on Yield of Banded Broadcasting Winter Wheat

SUN Wan-rong, HUO Cheng-bin, LI Yan-hua et al (Millet Research Institute, Shanxi Academy of Agricultural Sciences, Changzhi, Shanxi 046011)

Abstract [Objective] To study the effects of sowing date and sowing rate on the yield of banded broadcasting winter wheat. [Method] The yield and yield components were analyzed by the two-factor split design. [Result] There were significant differences in yield and yield components between different sowing dates and sowing rates, and sowing dates had a significant effect on the number of spikes. Sowing rate had a significant effect on the number of grains per spike, 1 000-grain weight and yield. The effect of interaction was not significant. The yield of winter wheat Chang 6359 was 6 723 ~ 7 261 kg/hm², the suitable sowing date was September 28 - October 3, and the sowing rate was 300.0 - 450.0 kg/hm². In the analysis of varieties and sowing rates on the factors of yield and yield components, the differences among varieties were significant. The yield of middle-ear cultivars was the highest among different varieties in the same period. [Conclusion] In a certain range of sowing date and the sowing quantity, the appropriate varieties were selected for sowing, early sowing could appropriately reduce the sowing rate, increase the percentage of earbearing tiller, and enhance the yield. Late sowing could appropriately increase sowing amount, enhance the number of spikes of main stem and increase the yield.

Key words Winter wheat; Sowing; Sowing date; Sowing quantity; Yield

小麦产量是个体与群体协调的结果,在特定种植区域和生态条件下,不同类型的小麦品种,其增产潜力和实现途径也不相同^[1-2]。播种方式作为小麦生产过程中最重要的环节之一,是小麦群体结构调控的重要措施,与播期和播量共同构成影响小麦产量的 3 个主要因素。随着全球气候变暖和品种、肥水条件及栽培方式的改变,各地区小麦生长发育的生态条件发生了很大的变化,因而有必要对当前小麦的播期、密度等栽培措施进行适当调整,特别是依据品种特性进行调整。欧阳西荣^[3]针对不同播种方式,通过条播、撒播和密点播试验,得出撒播种植小麦采取免耕直播方式有利于增产。翟云龙等^[4]通过 4 种不同小麦耕作方式下产量的对比研究认为机械撒播有利于优化小麦群体质量,提高整体产量水平。孙全德等^[5]进行了稻茬麦旋耕撒播试验,得出小麦旋耕撒播是高产、省工高效的耕播配套技术。吴新胜等^[6]通过冬小麦不同播种方式对比试验总结出撒播可培育冬前壮苗、构建合理的群体结构,充分利用温、光、热等。由于农机农艺的限制,研究播期、播量对小麦群体结构、产量和品质影响均是在条播栽培模式下进行的^[7-10],而以冬小麦撒播方式进行播期、播量的研究鲜有报道。鉴于此,笔者在冬小麦撒播种

植方式下探讨播期、播量对冬小麦产量的影响,为冬小麦撒播高产栽培技术提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料 2014—2015 年不同播期、播量试验在山西省农业科学院谷子研究所试验地进行,基肥施肥量硝酸磷 600 kg/hm²、磷酸二铵 375 kg/hm²,供试品种为冬小麦长 6359。

2015—2016 年相同播期不同品种类型、播量试验,分别选取谷麦 310(多穗型)、长 4738(中穗型)、长治 5608(重穗型)3 个品种。

1.2 试验设计

1.2.1 相同品种不同播期、播量试验。采取 2 因素裂区设计的方法,主因素播期为 D₁(9 月 23 日)、D₂(9 月 28 日)、D₃(10 月 3 日)、D₄(10 月 8 日)4 个水平。副因素播量为 Q₁(187.5 kg/hm²)、Q₂(225.0 kg/hm²)、Q₃(300.0 kg/hm²)、Q₄(375.0 kg/hm²)、Q₅(450.0 kg/hm²)、Q₆(525.0 kg/hm²)、Q₇(600.0 kg/hm²)7 个水平,共计 28 个处理,3 次重复。试验小区为长 6.67 m × 宽 2.00 m,在 2 m 宽的播种区内设播幅与幅间距的比为 24 cm:20 cm,小区内共 5 条播种带,播种带间距为 20 cm。

1.2.2 相同播期不同品种、播量试验。试验设计与方法同上,采取 2 因素裂区设计的方法,主因素品种为 V₁ 谷麦 310(多穗型)、V₂ 长 4738(中穗型)、V₃ 长治 5608(重穗型)3 个水平,副因素播量为:Q₃(300.0 kg/hm²)、Q₄(375.0 kg/hm²)、Q₅(450.0 kg/hm²)3 个水平、共 9 个处理,3

基金项目 山西省农业科学院攻关项目“小麦带状间套作玉米高产高效模式研究与示范”(YGG1642);山西省农业科学院农业科技成果转化和示范推广项目“长农 44 号谷子新品种绿色高效技术示范”(2017CGZH29)。

作者简介 孙万荣(1971—),女,山西长治人,助理研究员,从事农业科技管理研究。* 通讯作者,副研究员,从事小麦栽培技术研究。

收稿日期 2018-02-06

次重复。

小麦有效穗数、穗粒数、千粒重、株高等数据在田间或室内考种时测定。

1.3 数据处理 采用 Microsoft Excel 2003 软件对数据进行处理。

2 结果与分析

2.1 播期和播量对产量及其构成因素的影响

2.1.1 小麦穗数的变化。从表 1 可以看出,在撒播方式下,播期和播量对产量构成因素均有影响。穗数随播量的增加而

增加,随播期的推迟而减少,但在适期播种的出现穗数增加。 D_3 处理(10月3日)撒播种植的各播量的平均穗数增加最多,各不同处理中穗数最多的是 D_3Q_7 处理,为 11.65×10^6 个/ hm^2 ,最少的是 D_1Q_1 处理,为 5.41×10^6 个/ hm^2 。

2.1.2 小麦穗粒数的变化。从表 2 可以看出,在撒播方式下,穗粒数随播量的增加而减少,随播期的推迟而减少。 D_2Q_4 处理的穗粒数最多,为 33.52 粒, D_4 播期的穗粒数在不同播量间差异不显著, D_3 播期的穗粒数比其他播期多,说明适期播种的穗粒数最多。

表 1 小麦不同播期、播量下穗数比较

Table 1 Comparison of wheat spike number under different sowing dates and quantities

$\times 10^6/hm^2$

播期 Sowing date	播量 Sowing quantity						
	Q_1	Q_2	Q_3	Q_4	Q_5	Q_6	Q_7
D_1	6.60 c	7.80 b	8.05 b	8.80 b	8.80 b	10.40 a	11.25 a
D_2	6.62 d	7.54 cd	8.63 bc	8.57 bc	8.82 bc	9.87 ab	10.24 a
D_3	6.72 c	8.36 b	8.57 b	8.80 a	9.63 a	11.20 a	11.65 a
D_4	6.14 b	7.93 a	8.05 a	8.80 a	8.92 a	8.95 a	9.06 a

注:同列不同小写字母表示处理间在 0.05 水平差异显著

Note: Different lowercases in the same column indicated significant differences at 0.05 level

表 2 小麦不同播期、播量下穗粒数的比较

Table 2 Comparison of wheat grains per spike under different sowing dates and quantities

粒/穗

播期 Sowing date	播量 Sowing quantity						
	Q_1	Q_2	Q_3	Q_4	Q_5	Q_6	Q_7
D_1	33.55 a	32.42 a	32.58 a	32.45 a	32.38 a	30.41 b	30.24 b
D_2	31.24 bc	31.22 bc	32.45 ab	33.52 a	32.34 ab	30.26 c	30.24 c
D_3	32.31 a	32.38 a	32.86 a	32.76 a	32.14 a	31.96 a	31.67 a
D_4	31.26 a	31.11 a	31.24 a	31.45 a	30.86 a	30.45 a	29.84 a

注:同列不同小写字母表示处理间在 0.05 水平差异显著

Note: Different lowercases in the same column indicated significant differences at 0.05 level

2.1.3 小麦千粒重的变化。在撒播方式下,千粒重随播期推迟呈先增加后减少的趋势,随播量的增加而减少,因此适

期播种有利于千粒重的增加,其中 D_3 播期的千粒重最大。 D_3 、 D_4 播期千粒重在不同播量间差异不显著(表 3)。

表 3 小麦不同播期、播量下千粒重的比较

Table 3 Comparison of 1 000-grain weight under different sowing dates and quantities

g

播期 Sowing date	播量 Sowing quantity						
	Q_1	Q_2	Q_3	Q_4	Q_5	Q_6	Q_7
D_1	36.74 ab	36.53 ab	37.12 a	35.57 bc	36.15 abc	35.21 cd	34.27 d
D_2	36.43 a	36.38 a	36.34 a	36.65 a	36.47 a	35.23 ab	34.62 b
D_3	36.84 a	36.45 a	36.98 a	36.69 a	37.48 a	36.12 a	35.97 a
D_4	35.66 a	35.46 a	35.55 a	36.27 a	36.35 a	35.77 a	34.57 a

注:同列不同小写字母表示处理间在 0.05 水平差异显著

Note: Different lowercases in the same column indicated significant differences at 0.05 level

2.1.4 小麦产量的变化。由表 4 可知,产量随播期的推迟而减少,适期撒播的产量较高。各播期中 D_3 播期的平均产量最大,为 6.61×10^3 kg/ hm^2 ,其次是 D_2 、 D_1 播期,而 D_4 播期的产量最小。产量随播量的增加先增加后减少,在各个播期中,最适播量的产量最大,在 $D_1 \sim D_4$ 各播期中播量 Q_3 、 Q_4 、 Q_5 、 Q_5 的产量最大,随着播期的推迟,适当加大播量有利于产量的增加,但随后播期继续推迟各个播量都出现不同程度的减产,说明不同的播期有各自的最适播量。

2.1.5 播期、播量水平间差异分析。方差分析显示,播期、

播量对冬小麦长 6359 的产量及其构成因素的影响达到显著和极显著差异;在穗数的差异显著程度播量比播期大,播期在穗粒数、千粒重和产量的差异显著程度比播量大,尤其在产量方面最大;而播期与播量互作的差异不显著。

2.2 播量对不同类型小麦品种的产量及其构成因素影响 3 种类型小麦品种在相同播期不同播量下产量由高到低依次为 V_2 (中穗型)、 V_1 (多穗型)、 V_3 (重穗型),中穗型小麦品种撒播种植产量较高,品种间产量的差异不显著。不同播量条件下,多穗型和重穗型的 Q_3 播量、中穗型的 Q_5 播量产

表4 小麦不同播期和播量下产量的比较

Table 4 Comparison of wheat yield under different sowing dates and quantities

播期 Sowing date	播量 Sowing quantity						
	Q ₁	Q ₂	Q ₃	Q ₄	Q ₅	Q ₆	Q ₇
D ₁	6.164 ab	6.761 ab	6.889 a	6.344 ab	6.338 ab	5.910 b	5.924 b
D ₂	5.912 b	6.291 ab	6.723 ab	7.183 a	7.006 ab	5.939 b	5.397 b
D ₃	6.078 b	6.399 ab	7.021 ab	7.126 ab	7.261 a	6.193 ab	6.165 ab
D ₄	5.327 a	5.365 a	5.792 a	6.173 a	6.290 a	6.082 a	5.416 a

注: 同列不同小写字母表示处理间在 0.05 水平差异显著

Note: Different lowercases in the same column indicated significant differences at 0.05 level

表5 不同播期、播量间产量及其构成因素的比较(F值)

Table 5 Comparison of yield and its component factors under different sowing dates and quantities

处理编号 Treatment code	穗数 Number of spike ×10 ⁶ /hm ²	穗粒数 Grains per spike	千粒重 1 000-grain weight g	产量 Yield t/hm ²
D ₁	8.81 abAB	32.00 abA	35.94 bAB	6.33 bB
D ₂	8.61 bcAB	31.61 bAB	36.02 bAB	5.83 cC
D ₃	9.28 aA	32.30 aA	36.65 aA	6.61 aA
D ₄	8.26 cB	30.89 cB	35.66 bB	5.78 cC
Q ₁	6.52 dD	32.09 aA	36.42 aA	5.74 bA
Q ₂	7.91 cC	31.78 aAB	36.21 aA	6.06 abA
Q ₃	8.33 bcC	32.28 aA	36.50 aA	6.45 abA
Q ₄	8.74 bcC	32.55 aA	36.30 aA	6.53 aA
Q ₅	9.04 bBC	31.93 aAB	36.61 aA	6.56 aA
Q ₆	10.11 aAB	30.77 bBC	35.58 abAB	5.90 abA
Q ₇	10.55 aA	30.50 bC	34.86 bB	5.72 bA
D	8.80 **	18.38 **	9.67 **	143.62 **
Q	18.88 **	6.12 **	3.43 **	2.34 *
D × Q	0.62	0.92	0.44	0.35

注: 同列不同小写字母表示处理间在 0.05 水平差异显著; 同列不同大写字母表示处理间在 0.01 水平差异极显著; * 表示方差分析在 0.05 水平差异显著, ** 表示在 0.01 水平差异极显著

Note: Different lowercases in the same column indicated significant differences at 0.05 level; Different capital letters in the same column indicated extremely significant differences at 0.05 level; * indicated significant differences at 0.05 level; ** indicated extremely significant differences at 0.01 level

表6 不同类型和播量小麦的产量及其构成因素比较

Table 6 Comparison of yield and its component factors of different wheat types under different sowing quantities

品种类型 Variety type	播量 Seeding quantity	穗数 Number of spike ×10 ⁶ /hm ²	穗粒数 Grains per spike	千粒重 1 000-grain weight//g	产量 Grain yield t/hm ²
V ₁ 多穗型 Multiple spike type	Q ₃	10.57 b	32.51 a	35.32 a	6.36 c
	Q ₄	11.05 ab	32.52 a	34.84 b	6.68 b
	Q ₅	11.53 a	32.49 a	34.67 b	6.91 a
V ₂ 中穗型 Intermediate type	Q ₃	9.81 a	36.25 a	41.91 a	7.81 a
	Q ₄	8.46 b	35.96 a	41.57 a	7.36 b
	Q ₅	8.52 b	35.57 a	40.09 b	7.23 c
V ₃ 重穗型 Heavy panicle type	Q ₃	7.53 ab	42.45 a	44.05 a	6.23 a
	Q ₄	8.28 a	41.84 a	43.77 ab	5.96 b
	Q ₅	6.75 b	39.52 b	43.15 b	5.98 b

注: 同列不同小写字母表示处理间在 0.05 水平差异显著; * 表示方差分析在 0.05 水平差异显著, ** 表示在 0.01 水平差异极显著

Note: Different lowercases in the same column indicated significant differences at 0.05 level; * indicated significant differences at 0.05 level; ** indicated extremely significant differences at 0.01 level

幼穗分化时间, 对小花原基分化产生不利影响, 减少结实小穗数, 因此穗粒数就越少^[7,12]。该研究结果与上述观点基本一致: 穗粒数随播量的增加而减少, 随播期的推迟而减少, 适期播种的穗粒数最多。

千粒重随播期推迟先增加后减少, 随播量的增加而减少, 适期播种有利于千粒重的增加。这与杨健等^[9]研究的千粒重随播期的推迟而增加, 随着密度的提高而增加的结果

量高。在产量构成因素上, 3 个品种的穗粒数随播量的增加而减少, 穗数随播量增加先增加后减少, 适量播种的穗数最大, 千粒重随播量增加而减少。穗数由大到小依次为 V₁、V₂、V₃; 穗粒数和千粒重由大到小依次为 V₃、V₂、V₁ (表 6)。

冬小麦撒播对产量构成三因素的影响而言, 品种之间差异达极显著水平, 播量之间差异不显著; 就对产量的影响而言, 品种之间差异达显著水平; 品种与播量两者互作及播量对产量的影响不显著 (表 7)。这说明冬小麦撒播种植的产量与小麦品种类型有关, 选择适宜的品种对提高小麦撒播种植的产量非常关键。

3 结论与讨论

冬小麦撒播种植下, 穗数随播量增加而增加, 随播期推迟而减少, 但适期播种的穗数最多。适期播种有利于有效穗数的增加, 适当晚播可以提高成穗率, 减少无效分蘖。晚播时增大播种密度能够提高产量, 这与刘万代等^[8]的研究结果相同。小麦撒播方式种植可有效提高基本苗、增加有效穗数, 但播量的增加使群体无效分蘖增加, 不利于分蘖成穗率的提高, 有效穗数的增加非常有限, 反而会降低群体质量。

随着播种期的推迟, 穗粒数先提高, 但当播种期推迟到某一临界值时, 穗粒数出现下降。因此, 适当晚播对提高小麦单位面积的穗粒数有利^[11]。晚播推迟了幼穗分化, 缩短

不同, 这可能与种植方式和试验品种有关。该研究中, 品种对千粒重影响程度最大 ($F_{0.01} = 437.14^{**}$), 说明千粒重与小麦品种的遗传特性有关。

在一定的播期播量范围, 产量随播期的推迟而减少, 适期撒播的产量较高。产量随播量的增加先增加后减少, 这与胡焕焕等^[10]研究结果一致。不同播量间的产量差异都达显著水平, D₁ ~ D₄ 各播期产量的拐点出现在播量 Q₃、Q₄、Q₅, 这

表7 品种、播量水平间产量及其构成因素的比较(F值)

Table 7 Comparison of yield and its component factors in different varieties and sowing quantities

因素 Factor	处理编号 Treatment code	穗数 Number of spike $\times 10^6/\text{hm}^2$	穗粒数 Grains per spike	千粒重 1 000-grain weight g	产量 Yield t/hm^2
品种 Variety	V ₁	11.05 aA	32.51 cC	34.94 cC	6.65 abA
	V ₂	8.93 bB	35.93 bB	41.19 bB	7.47 aA
	V ₃	7.52 cC	41.27 aA	43.66 aA	6.06 bA
播量 Sowing quantity	Q ₃	9.30 aA	37.07 aA	40.43 aA	6.80 aA
	Q ₄	9.26 aA	36.77 aA	40.06 aA	6.67 aA
	Q ₅	8.93 aA	35.86 aA	39.30 aA	6.71 aA
F值 F value	V	68.19**	421.36**	437.14**	10.83*
	Q	0.22	2.13	1.76	0.03
	V × Q	1.14	1.17	0.25	0.16

注:同列不同小写字母表示处理间在0.05水平差异显著;同列不同大写字母表示处理间在0.01水平差异极显著;*表示方差分析在0.05水平差异显著,**表示在0.01水平差异极显著

Note: Different lowercases in the same column indicated significant differences at 0.05 level; Different capital letters in the same column indicated extremely significant differences at 0.05 level; * indicated significant differences at 0.05 level; ** indicated extremely significant differences at 0.01 level

是由于在小麦灌浆期到成熟期,随着播量的增加出现了不同程度的倒伏,进而影响产量的形成。撒播播量应控制在 Q_3 ($300.0 \text{ kg}/\text{hm}^2$) $\leq Q \leq Q_5$ ($450.0 \text{ kg}/\text{hm}^2$)。播量小于这个范围,小麦单株的个体优势显著、群体调节能力不能充分发挥;大于这个范围,使小麦群体密度加大,个体之间相互竞争,株间通风透光性差,营养生长过盛,茎秆细弱抗倒性差,小麦产量构成三要素都降低,最终导致减产。

冬小麦不同类型品种在一定的播量范围内同期撒播种植,穗粒数随播量的增加而减少;穗数随播量增加先增加后减少、适量播种的穗数最大;千粒重随播量增加而减少;撒播产量与小麦品种类型有关,不同类型品种同一播期下有不同的最适播量。该研究印证了刘萍等^[13]关于同期播种的不同

品种其适宜种植密度不同的观点。说明根据不同类型的小麦品种自身调节作用,进行播期、播量的选择可充分发挥品种特性和产量潜力。3种冬小麦品种撒播种植在相应播量下都可获得高产,该试验以中穗型品种产量为最高,其次是多穗型,这与陈化榜等^[14]研究的均衡型冬小麦品种结果相似。而重穗型品种大多是在高肥力条件下获得较高产量^[15-16],而该试验中重穗型品种并没有发挥出产量潜力,这可能与撒播种植方式有关。

参考文献

- [1] 于振文,田奇卓,潘庆民,等.黄淮海区冬小麦超高产栽培的理论与实践[J].作物学报,2002,28(5):577-585.
- [2] 凌启鸿,张洪程,程庚令,等.小麦“小群体、壮个体、高积累”高产栽培途径的研究[J].江苏农业学报,1983,4(2):13-21.
- [3] 欧阳西荣.小麦播种方式与耕作方式的研究[J].耕作与栽培,1989(1):1-4.
- [4] 翟云龙,魏燕华,张海林,等.耕种方式对华北地区冬小麦群体质量及产量的影响[J].麦类作物学报,2016,36(9):1174-1182.
- [5] 孙全德,白有善,韩俊杰.稻茬麦旋耕撒播生育特点、栽培指标和肥水技术研究[J].生态农业研究,1996,4(3):74-76.
- [6] 吴新胜,何景瑞,陈之政,等.冬小麦不同播种方式对比试验[J].江苏农业科学,2012,40(7):66-69.
- [7] 李素真,周爱莲,王霖,等.不同播期播量对不同类型超级小麦产量构成因子的影响[J].山东农业科学,2005(5):12-15.
- [8] 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.
- [9] 杨健,张保军,毛建昌,等.播期与密度对冬小麦西农9871籽粒产量的影响[J].麦类作物学报,2011,31(3):529-534.
- [10] 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.
- [11] 阴卫军,刘霞,倪大鹏,等.播期对优质小麦籽粒灌浆特性及产量构成的影响[J].山东农业科学,2005(5):16-18,22.
- [12] 余泽高,覃章景,李力.小麦不同播期生长发育特性及若干性状的研究[J].湖北农业科学,2003(5):24-27.
- [13] 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.
- [14] 陈化榜,曾北燕,李晴祺.大穗型、中间型、多穗型高产小麦品种产量潜力和稳产性能的研究[J].华北农学报,1991,6(4):22-29.
- [15] 王法宏,王旭清,任德昌,等.小麦不同类型品种群体根系活性与成穗数的关系[J].山东农业科学,1999(2):12-14.
- [16] 乔蕊清,卫云宗,晋宏,等.小麦高产品种分蘖成穗类型及其配套技术体系的研究与应用[J].山西农业科学,1999,27(1):8-11.

(上接第44页)

量增加、主根退化、根系分布浅,不利于玉米根系吸收土壤深层的水分和养分,导致抗逆性减弱^[18],这一问题在玉米上尚需进一步研究。

参考文献

- [1] 李新,许志斌,余奎军,等.宁夏玉米产业的现状和发展[J].种子,2009,28(9):104-106.
- [2] 刘伟虹.宁夏引黄灌区水资源现状与合理利用[J].农业科学研究,2006,27(2):74-78.
- [3] 张鹏程,张建斌,张维江,等.宁夏农业灌溉用水有效利用系数测算[J].安徽农业科学,2010,38(34):19485-19487.
- [4] 战家男,张维江,马晓阳,等.宁夏农业灌溉用水有效利用系数预测研究[J].农业科学研究,2012,33(4):51-53.
- [5] 张洪银.宁夏农垦农业用水存在的问题及对策分析[J].中国新技术新产品,2015(2):162.
- [6] 王火焰,周健民.肥料养分真实利用率计算与施肥策略[J].土壤学报,2014,51(2):216-225.
- [7] 张福锁,王激清,张卫峰,等.中国主要粮食作物肥料利用率现状与提高途径[J].土壤学报,2008,45(5):915-924.
- [8] 刘小虎,邢岩,赵斌,等.施肥量与肥料利用率关系研究与应用[J].土

壤通报,2012,43(1):131-135.

- [9] 闫湘,金继运,何萍,等.提高肥料利用率技术研究进展[J].中国农业科学,2008,41(2):450-459.
- [10] 英敏,余虎,李其义.玉米品种区域试验精确度和品种比较精确度分析[J].种子,2004,23(10):65-66.
- [11] 徐树人,张丽林,张存奎,等.玉米品种研究与分析[J].上海农业科技,2004(1):92.
- [12] 王君,张常在,吕丽俊,等.高产优质玉米新品种——科河11号的选育[J].华北农学报,2004,19(Z1):146-148.
- [13] 高玉琴,安静涛,崔渊.玉米新品种比较试验[J].种子世界,2004(10):25-26.
- [14] 王茜,杨建全.宁夏引黄灌区滴灌冬小麦、玉米灌溉施肥制度研究[J].安徽农业科学,2012,40(36):17585-17588.
- [15] 张国桥,王静,刘涛,等.水肥一体化施肥对滴灌玉米产量、磷素营养及磷肥利用效率的影响[J].植物营养与肥料学报,2014,20(5):1103-1109.
- [16] 曹玉军,魏雯雯,徐国安,等.半干旱区不同地膜覆盖滴灌对土壤水、温变化及玉米生长的影响[J].玉米科学,2013,21(1):107-113.
- [17] 李毅,王文焰,王全九.膜下滴灌技术在干旱-半干旱地区节水抑盐灌溉中的应用[J].灌溉排水,2001,20(2):42-46.
- [18] 买文选,田长彦.膜下滴灌棉花早衰发生的可能机制研究:从生长与养分的角度[J].植物营养与肥料学报,2012,18(1):132-138.