

宽幅条播行距和播量对灌溉春小麦产量 及纯收益的影响

樊胜祖¹, 陈翠贤¹, 刘广才², 周廷芬¹, 姚学竹¹, 陶 英¹, 王 娜¹

(1. 甘肃省景泰县农业技术推广中心, 甘肃 景泰 730400; 2. 甘肃省农业技术推广总站, 甘肃 兰州 730020)

摘要: 2012—2014 年在甘肃沿黄灌区所属的景泰县开展春小麦宽幅条播试验, 单行种子播幅 10 cm。用 SPSS 19.0 中的逐步回归方法构建了春小麦宽幅播种下行距、播量二因子与产量的数学模型, 据此分析表明, 行距与播量之间存在显著的负交互作用, 随行距变小, 获得高产的播量相应增大。播量在 $383 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 时行距变化对产量没有影响, 而以此为界在高低不同的播量下行距对产量的效应方向相反。小行距配合较高播量可获得更高产量, 产量最高组合为行距 18 cm、播量 $526 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。纯收益最高的组合为行距 28 cm、播量 $263 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 与最高纯收益 99% 以上相似的组合有两个: 一是行距 28 cm、播量 $263 \sim 309 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 二是行距 18 cm、播量 $478 \sim 527 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。在试验范围内, 严重减产情况出现在最大行距与最高播量组合及其附近, 其次出现在最小行距与最低播量组合及其附近。

关键词: 宽幅条播; 行距; 播量; 春小麦; 产量; 纯收益

中图分类号: S512.1+2 **文献标志码:** A

Effects of row spacing and seeding rate on grain yield and net income of irrigated spring wheat by spread band drilling

FAN Sheng-zu¹, CHEN Cui-xian¹, LIU Guang-cai², ZHOU Ting-fen¹,
YAO Xue-zhu¹, TAO Ying¹, WANG Na¹

(1. Jingtai County Agro-technical Extension Center of Gansu Province, Jingtai, Gansu 730400, China;

2. Gansu Province Agro-technical Extension Station, Lanzhou, Gansu 730020, China)

Abstract: The objective of this study was to determine the appropriate combining patterns for row spacing and seeding rate under spread band drilling of irrigated spring wheat (*Triticum aestivum* L.). A 3-yr field experiment was conducted from 2012 to 2014 in Jingtai County ($37^{\circ}11'N$, $104^{\circ}03'E$) belonged to the Yellow River Irrigation Area of Gansu Province, in which the seed band width of intra-row was 10 cm over 3 years. The designs included row spacing ranged from 18 to 28 cm with 5 levels, and seeding rate ranged from 263 to $600 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ with 4 or 5 levels, by three replications in every trials. Using the method of stepwise regression analysis offered in the IBM SPSS Statistics 19.0, a mathematical model was established for grain yield with row spacing and seeding rate. There was a significant and negative interaction of row spacing and seeding rate on yield, so optimum seeding rate increased as row spacing decreased. At seeding rate of $383 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, grain yield was not affected by varied row spacing, while on lower and higher seeding rate compared to the above, varying row spacing showed a contrary response on yield. Higher yield was obtained when narrower row spacing combining with higher seeding rate, so the combination for maximum yield was 18 cm of row spacing with $526 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ of seeding rate. But the combination for maximum net income was 28 cm of row spacing with $263 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ of seeding rate. However, more than 99% of maximum net income were achieved by two groups of obviously different combination below, (i) 28 cm of row spacing with $263 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ to $309 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ of seeding rate, and (ii) 18 cm of row spacing with $478 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ to $527 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ of seeding rate, and these were recommendations to producer. More importantly, the serious reduction of yield appeared in or nearby the case of the widest row spacing combining with the most seeding rate, followed by the case of the narrowest row spacing combining with the least seeding rate.

Keywords: spread band drilling; row spacing; seeding rate; spring wheat; grain yield; net income

收稿日期: 2016-01-20

基金项目: 甘肃省“小麦宽幅精播技术引进与试验示范”项目部分内容(GNKJ-2012-35)

作者简介: 樊胜祖(1961—), 男, 甘肃景泰人, 高级农艺师, 主要从事粮食作物栽培技术研究。E-mail: jtfisz@163.com。

通信作者: 陈翠贤(1965—), 女, 甘肃景泰人, 高级农艺师, 主要从事粮食作物栽培技术研究。E-mail: 1822078938@qq.com。

小麦宽幅播种技术近年兴起于山东省冬麦区,文献亦有宽幅带播、宽幅匀播、宽幅条播等称谓,本文称宽幅条播。宽幅条播技术以扩大播幅为核心,克服了常规条播种子密集的弱点,使种子间距加大,分布均匀,进而使植株对光、气、土、肥、水等生长条件的竞争关系和利用效率相应发生变化。李世莹、Deibert、AgTech Centre 等研究表明,宽幅条播可以带来成穗数、穗粒数、千粒重的协调增长和显著增产^[1-3]。顾树平等^[4]研究指出,适当扩大播幅可以塑造高光效和抗倒伏群体。由于宽幅条播不增加生产成本以及环境友好等特点,彰显了宽幅条播的价值。窄行常规条播可对小麦苗期的土壤水分蒸发和土壤风蚀产生抑制作用,被认为是西北麦区高产、高效、节水的种植方式^[5]。郑亭等^[6]在降雨充沛的四川省研究认为,带状常规条播小麦适宜行距为 40 cm。扩大行距可改善麦田冠层透光率、稳定净光合速率、延缓旗叶衰老、增强抗倒伏能力^[6-7],减轻纹枯病、叶锈病、白粉病^[8]、赤霉病等^[9]危害。大穗型品种适宜行距较窄,多穗型品种则较宽^[10-11],宽窄行播种优于等行距^[12]。综上,行距和播幅等影响植株分布均匀性的措施,与生态环境、栽培条件、品种、抗逆性等具有广泛而复杂的联系,是影响小麦高产、稳产的重要因素。前人大量研究证实,随小麦播量增加,单位面积成穗数呈增加趋势,穗粒数和单株穗数呈减少趋势,对千粒重影响不明显。Marshall 等^[13]在两年间用 16 个不同类型冬小麦品种的研究表明,行距与播量之间有显著负交互作用,年际因素与行距或播量的交互作用较大。前人关于行距、播量的研究主要是在常规条播、冬小麦或旱作等条件下,以籽粒产量为重点衡量指标进行,对于宽幅条播下行距与播量二因素对灌溉春小麦产量及纯收益的影响规律少见研究报道。为探索甘肃沿黄灌区生态条件下高产、高效益的春小麦宽幅条播行距和播量,于 2012—2014 年在景泰县连续开展了田间试验。

1 材料与方法

1.1 试验地点及概况

试验在景泰县引黄灌区进行(104°03'E, 37°11'N),试区海拔 1 620~1 750 m,降雨量 184 mm,蒸发量 3 038 mm,年均气温 8.2℃。试验设在上沙沃镇王庄村(2012 年)、寺滩乡付庄村(2013 年)、草窝滩镇长城村(2014 年),土壤属灌溉淡灰钙土,前茬玉米。各年春播施肥前 0~20 cm 耕层土壤含有有机质 $17.3 \pm 3.8 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、全氮 $0.84 \pm 0.13 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、有效磷 $14.9 \pm 5.1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、速效钾 $190 \pm 48 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, pH

8.4 ± 0.3 。2012—2014 年 4—7 月生长期合计降雨量分别为 112.0 mm、100.6 mm、134.9 mm,4—5 月合计降雨量分别为 29.4 mm、5.8 mm、57.1 mm。

1.2 试验设计

行距试验每年设 5 个水平,各年试验总区间 18~28 cm;播量试验每年设 4 或 5 个水平,各年试验总区间 263~600 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。小区面积 15~20 m^2 ,随机排列,重复 3 次。采用宽幅条播机按照试验设计调节行距和播量,记载实际播量以供分析。同一年行距与播量试验安排在同一地块。

1.3 基础措施

各次试验单行种子播幅均为 10 cm。播种前 4 天基施 N 150 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、 P_2O_5 135 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,随头苗水追施 N 75 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。3 月中旬播种,7 月下旬收获,生育期灌水 4 次。指示小麦品种选用当地主栽的永良 15 号、宁春 39 号。同一年行距、播量试验的基础措施相同。

1.4 数据处理

运用数据挖掘(Data Mining, DM)原理^[14-15],将行距、播量两类试验数据经过集成、选择、回归等过程,建立行距、播量二因子关于产量的数学模型,并将分析结果表示为二因子组合的相对产量分布表格。用 Excel 2003 整理数据,用 SPSS Statistics 19.0 进行正态性检验、相关分析和逐步回归分析。

2 结果与分析

2.1 产量结果与分析思路

各年各类试验的产量结果见表 1。表 1 显示,试验的年际产量差异较大,分析表明,试验年均产量与各年 4—5 月合计降雨量的相关系数 $r = 0.903$,而与各年肥力因子等相关性较小,可见 4—5 月合计降雨量是造成年际产量差异的主要原因。

为充分挖掘试验信息,拟将各年二类试验结果合并进行逐步回归分析,主要基于以下理由:(1) 同一年行距与播量试验的地块、小麦品种、施肥等基础措施均相同,将同年两类试验合并分析符合试验条件的可比性要求,且能在保持单因子效应信息来源的同时获得交互效应信息;(2) 表 1 显示,各年行距或播量的试验区间年际重合度高,年际重复试验及其数据合并利于减少随机误差对因子效应的干扰,而年际产量差异和随机误差等可被一并归入回归标准误差表示;(3) 用 Shapiro-Wilk 法对表 1 的 23 个产量数据进行正态性检验,统计量 $W = 0.932$,显著性 $P = 0.119 > 0.05$,表明经合并的多年多点产量数据来自同一正态总体;(4) 虽然各年行距或播量试

验区间重合度高,但处理水平却不尽相同,不利于进行求取平均数等运算,此时,多年多点试验数据合并后采取逐步回归的数据挖掘方法显得必要与合理,既可化繁为简,挖掘获得两因子及其交互效应信息,得出多年多点试验的概括性结论,又可在增加样本数基础上通过逐步回归过程精简、优化回归模型,进一步提高回归分析的可靠性。

自变量共线性分析^[16]显示,播量和基本苗的相关系数 $r = 0.957$,显著性 $P = 0.000 < 0.01$,表明两者高度相关,可相互良好表征。所以为了下文计算纯收益方便选用播量作为回归分析的自变量之一,行距和播量相关系数 $r = -0.173$,显著性 $P = 0.429 > 0.05$,达不到显著水平,表明行距和播量两因子相互独立性高,可共同参与回归分析。

表 1 各次试验因子和产量结果
Table 1 Experiment factors and grain yield data(2012—2014)

样本序号 Sample serial	试验类型 Tested type	试验年份 Year	行距 Row spacing /cm	实际播量 Seeding rate /(kg·hm ⁻²)	基本苗 Basic seedling /(10 ⁴ ·hm ⁻²)	产量 Grain yield /(kg·hm ⁻²)
1	行距 Row spacing	2013	20	528	753	7905
2			22	528	756	7981
3			24	528	752	7945
4			26	528	756	7737
5			28	528	757	7431
6		2014	18	488	756	9084
7			20	488	757	9162
8			22	488	761	9054
9			24	488	760	8930
10			26	488	765	8609
11	播量 Seeding rate	2012	26	263	445	8747
12			26	315	534	9140
13			26	368	630	9378
14			26	420	702	9158
15		2013	22	303	523	7709
16			22	366	607	7848
17			22	505	759	8056
18			22	581	931	8043
19		2014	20	300	507	8931
20			20	375	650	9647
21			20	450	770	9914
22			20	525	855	9980
23			20	600	938	9732

2.2 回归模型的建立、检验与定性分析

以二次多项式为模型,以回归标准误差最小为逐步回归方程选优标准,利用表 1 试验数据建立了行距 x_1 、播量 x_2 与产量 y 的回归方程:

$$y = -8426.799 + 552.5672x_1 + 56.42241x_2 - 1.4433673x_1x_2 - 0.02893785x_2^2 \tag{1}$$

式(1) 回归检测值 $F = 2.543$, 显著性 $P = 0.075$,回归标准误差 $SE = 688.396 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。偏回归系数 t 测验表明(表 2),播量 x_2 对产量有显著影响($P < 0.05$),且与行距 x_1 的负交互效应达显著水平($P < 0.05$)。

2.3 产量最高的行距与播量

对式(1)求解得到,产量最高的组合为行距 18 cm、播量 $526.0 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,最高产量 $9525.4 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$;与最高产量 99% 以上相似的组合为行距 18 cm、播

量 $469 \sim 583 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。
2.4 行距与播量对产量的交互效应
为表达得更为明晰、全面,据(1)式并以上述最高产量为基准,得到试验区间内行距与播量组合的

表 2 偏回归系数 t 测验和标准偏回归系数比较

Table 2 t -test on partial regression coefficient and a comparison of the standardized partial regression coefficient

自变量 Independent	t 值 t -value	t 值显著性 Sig. of t	标准偏回归系数 Sprc.
x_1	1.903	$P = 0.073$	1.988
x_2	2.214	$P = 0.040$	6.959
x_1x_2	-2.304	$P = 0.033$	-4.383
x_2^2	-1.507	$P = 0.149$	-3.066

注:自变量 x_1 指行距, x_2 指播种量,因变量 y 指籽粒产量。

Note: x_1 is row spacing, x_2 is seeding rate, and the dependent y is grain yield.

相对产量分布(表 3),反映了行距和播量对产量的交互效应趋势,以及不同播量下行距对产量的边际效应。

首先是行距对产量的影响趋势。播量在 385 kg·hm⁻²以上时,产量随行距增大而递减,且播量越大该递减效应越大;播量在 355 kg·hm⁻²以下时,产量随行距增大而递增,且播量越小该递增效应越大。求得播量在 383 kg·hm⁻²时,不同行距的相对产量趋于相等为 93.8%,说明在该播量及其附近时行距变化对产量没有影响。

其次是播量对产量的影响趋势。不同行距的适宜播量各不相同,小行距下适宜播量较高,随着行距增大适宜播量相应降低。

表 3 还显示,产量最低情况出现在最大行距、最大播量组合及其附近,相对产量最低值仅 65.4%;其次为最小行距、最小播量组合及其附近,相对产量最低值 79.0%。

2.5 纯收益最高的行距与播量

纯收益 = 产值 - 可变成本 = 小麦产量 × 产品价格 - 播量 × 种子价格

行距不计成本。按照产品价格 3.0 元·kg⁻¹,种子价格 4.1 元·kg⁻¹,求得纯收益最高的组合为行距 28 cm、播量 263.0 kg·hm⁻²,最高纯收益 26 678.7 元·hm⁻²。与最高纯收益 99% 以上相似的行距、播量组合有两个:一是行距 28 cm、播量 263 ~ 309 kg·hm⁻²,二是行距 18 cm、播量 478 ~ 527 kg·hm⁻²。上述行距包含了试验的上、下限,播量包含了试验的下限,这可能说明行距、播量的试验区间还不足够宽。

据(1)式、产品价格、种子价格并以上述最高纯收益为基准,得到试验区间各个行距与播量组合的相对纯收益分布(表 4),反映了行距和播量对纯收益的交互效应趋势,以及不同播量下行距对纯收益的边际效应。表 4 与表 3 的关键区别在于产量和纯收益两个目标变量的峰值位置出现了明显变化。

3 结论与讨论

在春小麦宽幅条播条件下,试验研究得到以下结果:(1) 春小麦产量最高的因子组合为行距 18 cm、播量 526 kg·hm⁻²; (2) 播量在 383 kg·hm⁻²时,行距变化对产量没有影响,与此比较,在稀播条件下

表 3 春小麦宽幅条播行距与播量组合的相对产量分布/%												
Table 3 The relative grain yield (%) distribution in different combinations of row spacing and seeding rate on spring wheat by spread band drilling(simulated by regression model)												
行距 Row spacing/cm	播量 Seeding rate/(kg·hm ⁻²)											
	263	295	325	355	385	415	445	475	505	535	565	600
18	79.0	83.8	87.7	91.1	94.0	96.3	98.0	99.2	99.9	100.0	99.5	98.3
20	82.6	86.5	89.5	92.0	93.9	95.3	96.1	96.4	96.2	95.4	94.0	91.8
22	86.3	89.1	91.2	92.8	93.8	94.3	94.2	93.6	92.5	90.8	88.5	85.2
24	89.9	91.8	93.0	93.6	93.8	93.3	92.4	90.8	88.8	86.1	83.0	78.6
26	93.5	94.4	94.7	94.5	93.7	92.4	90.5	88.0	85.1	81.5	77.5	72.0
28	97.1	97.1	96.5	95.3	93.6	91.4	88.6	85.2	81.4	76.9	71.9	65.4
边际效应 Marginal effect	1.82	1.33	0.88	0.42	-0.03	-0.49	-0.94	-1.40	-1.85	-2.31	-2.76	-3.29

表 4 春小麦宽幅条播行距与播量组合的相对纯收益分布/%												
Table 4 The relative net income (%) distribution in different combinations of row spacing and seeding rate on spring wheat by spread band drilling(simulated by regression model)												
行距 Row spacing/cm	播量 Seeding rate/(kg·hm ⁻²)											
	263	295	325	355	385	415	445	475	505	535	565	600
18	80.6	85.2	89.0	92.1	94.7	96.7	98.1	99.0	99.2	98.8	97.9	96.1
20	84.4	88.1	90.8	93.0	94.6	95.7	96.1	96.0	95.2	93.9	92.0	89.0
22	88.3	90.9	92.7	93.9	94.6	94.6	94.1	93.0	91.3	89.0	86.1	82.0
24	92.2	93.8	94.6	94.8	94.5	93.6	92.1	90.0	87.3	84.0	80.2	74.9
26	96.1	96.6	96.5	95.7	94.4	92.5	90.1	87.0	83.3	79.1	74.3	67.9
28	100.0	99.5	98.3	96.6	94.4	91.5	88.0	84.0	79.4	74.2	68.4	60.9
边际效应 Marginal effect	1.94	1.43	0.94	0.45	-0.04	-0.52	-1.01	-1.50	-1.98	-2.47	-2.96	-3.52

扩大行距以及在密播条件下缩小行距都具有增产和增效作用；(3) 大行距、大播量组合的减产风险最大,其次为小行距、小播量组合,提示须在生产实践中警惕；(4) 与最高纯收益 99% 以上相似的组合模式有两个,模式一(宽行精播模式):行距 28 cm、播量 263 ~ 309 kg·hm⁻²;模式二(窄行增密模式):行距 18 cm、播量 478 ~ 527 kg·hm⁻²。这两个模式可作为确定当地春小麦宽幅条播行距和播量的参考依据。综合考量,以高产、高效为目标,在水肥条件较好地块优先推荐模式一,在水肥条件中、下等地块优先推荐模式二。

采用本文 2.2 节的逐步回归方法计算得到,上述模式一的成穗数 696 万·hm⁻² ~ 729 万·hm⁻²、穗粒数 29.0 ~ 30.4、千粒重 53.6 ~ 54.4 g,模式二的成穗数 853 万·hm⁻² ~ 889 万·hm⁻²、穗粒数 24.7 ~ 25.3、千粒重 47.6 ~ 47.8 g,可见模式一在单穗产量占优势,模式二在群体上占优势。以产量构成三因素耦合的理论产量分布与实收产量分布趋势基本一致,支持模式一和模式二的丰产性。限于篇幅,宽幅条播行距、播量对春小麦产量构成因素等的影响将另文表述。

与当地常规条播的行距 16 cm、播量 300 ~ 450 kg·hm⁻²相比,上述模式一行距增大了 12 cm,相对增幅 75.0%,而播量接近于当地常规条播下限值;模式二行距与常规条播接近,但播量中间值 503 kg·hm⁻²比常规条播的播量中间值 375 kg·hm⁻²增大了 33.9%。

薛盈文等^[17]在黑龙江的研究指出,春小麦高产行距为 15 cm,密度 900 万·hm⁻²的产量优于 600 万·hm⁻²。武兰芳等^[7]研究认为,在水肥条件较好的黄淮海平原,冬小麦播量在 135 kg·hm⁻²时,行距 30 cm 的产量高于行距 20 cm 且差异达统计学显著水平。杨文平等^[11]研究表明,冬小麦多穗型品种在基本苗 150 万·hm⁻²条件下,宽行距(20 cm、25 cm)比窄行距(10 cm、15 cm)增产 4.9%,而大穗型品种在基本苗 375 万·hm⁻²条件下,上述窄行距比宽行距增产 6.8%。以上学者的研究结果与本研究基本一致。本文行距与播量之间存在显著负交互作用的结果,与 Marshall、Tompkins、Lafond、吴兰云等研究结果一致^[13,18-20],但与武兰芳、Chen 等研究结果不一致^[7,21],这可能与宽幅条播及其试验设计区间、处理水平数以及生产条件等因素有关。

参 考 文 献:

[1] 李世莹,冯 伟,王永华,等.宽幅播种带间距对冬小麦冠层特

征及产量的影响[J].植物生态学报,2013,37(8):758-767.

[2] Deibert E J. Spring wheat response to seed spreader patterns and deep band fertilizer placement with an air seeder[J]. Journal of Production Agriculture, 1993,6(4):557-563.

[3] Agtech Centre. Investigation into row width and spacing with direct seeded barley, canola and wheat – 2000 and 2001 results[OL/EB]. [http://www1.agric.gov.ab.ca/\\$department/deptdocs.nsf/all/eng8222](http://www1.agric.gov.ab.ca/$department/deptdocs.nsf/all/eng8222).2004,1-19.

[4] 顾树平,张 强,沈 杰,等.播幅对机条播水稻产量及群体质量的影响[J].上海农业学报,2015,31(5):115-117.

[5] 董 琦,高志强,王爱萍,等.不同种植方式对麦田土壤水分蒸散、风蚀及产量的影响[J].水土保持学报,2011,25(2):237-240.

[6] 郑 亭,陈 溢,樊高琼,等.株行配置对带状条播小麦群体光环境及抗倒伏性能的影响[J].中国农业科学,2013,46(8):1571-1582.

[7] 武兰芳,欧阳竹.不同播量与行距对小麦产量与辐射截获利用的影响[J].中国生态农业学报,2014,22(1):31-36.

[8] 朱统泉,赵立尚,贺建锋,等.不同行距对小麦群体质量及产量的调节效应[J].陕西农业科学,2006,(4):8-10.

[9] 赵鹏飞,黄文超,高超男,等.小麦白穗病发生与主要栽培管理措施的关系研究初报[J].华北农学报,2012,27(S1):368-373.

[10] 李娜娜,田奇卓,裴艳婷,等.播种方式对两类小麦品种分蘖成穗及其产量构成的影响[J].麦类作物学报,2007,27(3):508-513.

[11] 杨文平,郭天财,冯 伟,等.行距配置对两种穗型冬小麦品种光合特性及产量的影响[J].麦类作物学报,2012,32(3):494-499.

[12] 张双利,王晨阳,胡吉帮,等.行距配置对高产冬小麦籽粒灌浆特性及淀粉和蛋白质积累的影响[J].麦类作物学报,2010,30(4):704-709.

[13] Marshall G C, Ohm H W. Yield responses of 16 winter wheat cultivars to row spacing and seeding rate[J]. Agronomy Journal, 1987,79(6):1027-1030.

[14] 冯 勤.基于回归数据挖掘预测系统的分析与研究[D].天津:天津大学,2005.

[15] 孟晓东,袁道华,施惠丰.基于回归模型的数据挖掘研究[J].计算机与现代化,2010,(1):26-28.

[16] 杨 有,李晓虹.多重共线性的逐步回归检验分析[J].重庆三峡学院学报,2006,22(3):39-41.

[17] 薛盈文,于立河,郭 伟.行距与肥密配置对春小麦产量和品质的影响[J].麦类作物学报,2008,28(5):873-876.

[18] Tompkins D K, Hultgreen G E, Wright A T, et al. Seed rate and row spacing of no-till winter wheat[J]. Agronomy Journal, 1991,83(4):684-689.

[19] Lafond G P. Effects of row spacing, seeding rate and nitrogen on yield of barley and wheat under zero-till management[J]. Canadian Journal of Plant Science, 1994,74(4):708.

[20] 吴兰云,徐茂林,周得宝,等.小麦新品种‘皖麦 68’的密度和行距效应研究[J].中国农学通报,2014,30(27):158-162.

[21] Chen C, Neill K, Wichman D, et al. Hard red spring wheat response to row spacing, seeding rate, and nitrogen[J]. Agronomy Journal, 2008,100(5):1296-1302.