

3种耕作和播种方式对小麦群体建成和产量的影响

李红军¹, 李建国^{2*}

(1. 河南省长葛市佛耳湖镇政府, 河南长葛 461500; 2. 河南省漯河市农业科学院, 河南漯河 462300)

摘要 为探讨2BMXS-4/12智能免耕施肥覆盖旋播机对小麦生长发育和产量的影响, 采用3种耕作和播种方式对不同处理的小麦单株性状、群体建成进行测定, 分析了产量及其组成因素间的回归和相关关系。结果表明, 与传统的耕作和播种方式相比, 智能免耕施肥覆盖旋播机增加小麦株高、茎蘖数、主茎叶片数和次生根, 可以获得较高的籽粒产量、经济效益、产出投入比和成本利润率。智能免耕施肥覆盖旋播机具有智能化程度高、简单易行、省工省时省成本、提高经济效益等优点, 是值得大力推广的一种机械和耕作播种方式, 也符合河南省“十三五”重点推广的小麦耕播技术规划。

关键词 小麦; 群体建成; 产量; 经济效益

中图分类号 S512.1 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2020)15-0031-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2020.15.009



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Effects of Three Tillage and Seeding Methods on Population Formation and Yield of Wheat

LI Hong-jun¹, LI Jian-guo² (1. Foerhu Town Government, Changge, Henan 461500; 2. Luohe Academy of Agricultural Sciences, Luohe, Henan 462300)

Abstract In order to explore the effect of 2BMXS-4/12 intelligent tillage-free fertilizing and mulching rotary seeder on the growth, development and yield of wheat, the individual character and population formation of wheat under different treatments were determined by using three tillage and seeding methods. And the regression and correlation between yield and its components factors were analyzed. The results showed that compared with the traditional tillage and seeding methods, the intelligent tillage-free fertilizing and mulching rotary seeder could increase plant height, tiller number, main stem leaves and secondary rooting of wheat. It could obtain higher grain yield, economic benefit, output-input ratio and cost-profit ratio. The intelligent tillage-free fertilizing and mulching rotary seeder had the advantages of highly intelligent, simple operation, effort-, time- and cost-saving, as well as being able to boost economic benefit. It is a mechanical tillage and seeding method worthy of more extensive promotion. It also conforms to the wheat tillage and seeding technology plan popularized by the 13th Five-Year Plan in Henan.

Key words Wheat; Population formation; Yield; Economic benefits

河南省是我国小麦的主产区, 常年播种面积为486.67万 hm^2 , 约占全国播种面积的1/4, 年产量为2860万t, 约占全国小麦总产量的24%, 每年提供的商品小麦占全国的25%~30%, 面积、总产和提供商品粮总量均占全国第一^[1-2]。21世纪以来, 河南省小麦的播种面积稳定在528.00万~547.53万 hm^2 , 总产3082万~3550万t^[3]。2018年小麦播种面积达573.99万 hm^2 , 总产3602.85万t。年末拥有农业机械总动力9858.82万kW, 拖拉机427.32万台, 旋耕机32.86万台, 联合收获机16.06万台, 播种机177.46万台。常年小麦机播率保持在98%以上^[4]。2015年以前小麦生产的整地和播种主要是小型拖拉机耕耙, 小型播种机播种; 近年来逐步采用大型机械进行作业, 并开始了免耕机械的推广, 但是起步晚、推广速度慢。为深入了解免耕机械对小麦群体建成和产量的影响, 笔者对不同耕作和播种方式进行了研究, 以期推广免耕机械提供理论依据。

1 材料与方

1.1 试验地概况 试验于2018年在河南省许昌市佛耳湖镇申庄村承包地进行, 土壤质地砂壤土, 地势平坦, 排灌方便, 适宜机械化操作。土壤耕层有机质15.2 g/kg, 碱解氮135.69 mg/kg, 速效磷36.26 mg/kg, 速效钾167.8 mg/kg。前茬为大豆。肥料为三元复合肥, 氮磷钾配比为15%:15%:

15%, 施用量为750 kg/ hm^2 。

1.2 试验材料 供试品种为禾麦988。

1.3 试验设计 试验共设3个处理, 以当地传统的耕作和播种方式(A₂处理)为对照。由于试验是大型机械操作, 故而试验选用了大区设计, 每个处理面积1.0 hm^2 。播量为187.5 kg/ hm^2 。各处理的耕作和播种方式及主要指标见表1。

表1 不同处理主要指标的比较

Table 1 Comparison of the main indicators of different treatments

处理编号 Treatment code	模式 Mode	机型 Model	主要指标 Main indicators
A ₁	施肥耕作播种一体机	2BMXS-4/12智能免耕施肥覆盖旋播机	耕深15 cm, 播深5 cm
A ₂ (CK)	小型旋耕耙+精播楼	1GQN-100小型旋耕机, 2BJY-12精少量播种机	耕深15 cm, 播深5 cm
A ₃	大型旋耕耙+精播楼	GQN-200大型旋耕机, 2BJY-12精少量播种机	耕深20 cm, 播深5 cm

1.4 指标测定 物候期和标准参照《河南小麦栽培学》及《农作物品种区域试验技术规程 小麦》(NY/T 1301—2007)附录A。

1.4.1 群体和单株性状的测定。 每个处理随机选择3个点进行定点调查, 每个调查点10 m×2 m(其中6行动态调查, 4行单株考种), 分别于齐苗后、越冬期、返青期、成熟期测量每个调查点的6行茎蘖数, 折算出群体数量。同时在单株考种行连续取样20株, 分析株高、主茎叶片数、单株茎蘖数和次生根条数。

基金项目 国家现代农业产业体系建设专项(CARS-3-2-26)。

作者简介 李红军(1970—), 男, 河南长葛人, 技师, 从事农业机械的示范推广研究。*通信作者, 研究员, 从事农作物育种及栽培研究。

收稿日期 2019-12-24

1.4.2 产量及其构成要素的测定。籽粒产量于2019年6月5日机械全部收获称产,取样去杂烘干考种,折合实际产量进行计算分析。在每个调查点随机抽取20株测定穗粒数和千粒重,每个处理3个重复。

1.5 数据处理 采用Microsoft Excel 2007和DPS 15.10软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同处理对小麦群体及其动态的影响 从表2可以看出,3种处理齐苗后的均匀度和整齐度基本一致,三者之间的基本苗差距不显著。越冬期A₁处理的群体比对照A₂处理少22.97万/hm²,达显著差异,比A₃处理少52.23万/hm²,达极显著差异;A₂处理比A₃处理少29.25万/hm²,达极显著差异。随着小麦的生长,根系利用水肥的能力变强,到返青期A₁处理的群体位居第2位,比A₂处理高190.69万/hm²,与A₃处理的差距也缩小到104.50万/hm²,A₂与A₃处理的差异达295.20万/hm²,三者之间均达极显著差异。成熟期,A₁和A₃处理成穗数的差异仅为8.89万/hm²,基本持平,而与A₂处理的差异达到36.54万/hm²,A₂和A₃处理的成穗数差异为45.42万/hm²,均达极显著差异。

2.2 不同处理对分蘖、株高、主茎叶片数及次生根的影响 由表3可知,不同处理对小麦的个体性状影响也不同。

表3 不同处理对小麦株高、分蘖、主茎叶片数和次生根的影响

Table 3 Effects of different treatments on plant height, tiller, leaf number of main stem and secondary rooting of wheat

生育期 Growth period	处理编号 Treatment code	株高 Plant height cm	茎蘖 Tillers per plant 个/株	主茎叶片数 Number of main stem leaves//片/株	次生根数 Rooting number per plant//条/株
越冬期 Overwintering period	A ₁	6.79 a	3.35 b	5.20 a	4.70 a
	A ₂ (CK)	7.24 ab	3.80 ab	5.20 a	4.80 a
	A ₃	7.06 b	4.25 a	5.25 a	4.90 a
返青期 Returning Green period	A ₁	17.18 b	7.05 a	6.00 b	10.65 a
	A ₂ (CK)	15.95 c	7.15 a	5.65 c	9.25 b
	A ₃	19.30 A	7.25 a	6.25 A	11.85 A
成熟期 Mature stage	A ₁	78.85 B	4.60 a	14.50 a	17.85 A
	A ₂ (CK)	76.20 B	4.25 b	12.65 b	15.20 B
	A ₃	80.00 A	4.65 a	15.55 A	18.60 A

注:同列不同小写字母表示在0.05水平差异显著;同列不同大写字母表示在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 0.01 level

2.3 不同处理对产量及其构成因素的影响

2.3.1 对籽粒产量及成产要素的影响。从表4可以看出,不同处理的籽粒产量顺序为A₃处理>A₁处理>A₂处理。以A₂处理的产量最低,比A₁处理和A₃处理分别低了1205.38和1359.20 kg/hm²,差异均达极显著;而A₁处理虽然比A₃处理低了153.86 kg/hm²,但两者差异不显著。A₁和A₃处理穗粒数差别仅为0.05粒/穗,基本持平;A₂处理与A₁、A₃处理的差异分别为2.93和2.98粒/穗,均达显著差异。各处理间的千粒重顺序为A₃处理>A₁处理>A₂处理,差异均不显著。

2.3.2 不同处理籽粒产量及其构成因素间的相关性。进一步对不同处理的籽粒产量和成产因素相关性进行分析,结果显示3个处理的籽粒产量与成产3因素均存在线性关系,回

在株高上,不同处理越冬期的顺序为A₂处理>A₃处理>A₁处理,到了返青期和成熟期则变化为A₃处理>A₁处理>A₂处理。在单株茎蘖数上,不同处理越冬期和返青期的顺序均为A₃处理>A₂处理>A₁处理,到成熟期变化为A₃处理>A₁处理>A₂处理。在主茎叶片数上,不同处理越冬期的顺序为A₃处理>A₂处理>A₁处理,返青期和成熟期均为A₃处理>A₁处理>A₂处理。在次生根条数上,不同处理越冬期的顺序为A₃处理>A₂处理>A₁处理,返青期和成熟期的顺序均为A₃处理>A₁处理>A₂处理。

表2 不同处理对小麦群体动态的影响

Table 2 Effects of different treatments on the population dynamics of wheat

处理编号 Treatment code	基本苗 Basic seedling	越冬期 Overwintering period	返青期 Returning green period	成熟期 Mature period
A ₁	382.48 a	1 036.79 c	1 797.85 B	592.05 A
A ₂ (CK)	382.52 a	1 059.77 b	1 607.16 C	555.51 B
A ₃	381.09 a	1 089.02 A	1 902.36 A	600.93 A

注:同列不同小写字母表示在0.05水平差异显著;同列不同大写字母表示在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 0.01 level

表4 不同处理对小麦产量及其构成因素的影响

Table 4 Effects of different treatments on wheat yield and its component factors

处理编号 Treatment code	穗数 Ears 万/hm ²	穗粒数 Seeds per ear//粒/穗	千粒重 1 000-grain weight//g	籽粒产量 Grain yield kg/hm ²
A ₁	592.05 A	35.05 a	46.66 a	8 131.56 A
A ₂ (CK)	555.51 B	32.12 b	44.69 a	6 926.19 B
A ₃	600.93 A	35.10 a	46.74 a	8 285.42 A

注:同列不同小写字母表示在0.05水平差异显著;同列不同大写字母表示在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 0.01 level

归方程分别为:

$$y_{A1} = -1\ 146.973\ 97 + 12.834\ 3x_{1,1} - 60.143\ 3x_{2,1} + 81.174\ 3x_{3,1};$$

$$y_{A2} = 2\ 478.711\ 5 - 8.077\ 3x_{1,2} + 86.237\ 0x_{2,2} + 137.941\ 0x_{3,2};$$

$$y_{A3} = 11\ 433.990\ 88 - 12.289\ 9x_{1,3} + 35.092\ 25x_{2,3} + 64.295\ 5x_{3,3}$$

在 A_1 处理中,籽粒产量与穗数和千粒重呈正相关且差异显著,与穗粒数呈负相关。在 A_2 (CK)处理中,籽粒产量与穗粒数和千粒重呈正相关且差异显著,与穗数呈负相关。在 A_3 处理中,籽粒产量与穗粒数呈正相关,与千粒重呈正相关且差异显著,与穗数呈负相关。

表5 不同处理籽粒产量及其构成因素间的相关性

Table 5 Correlation between grain yield and its components in different treatments

处理编号 Treatment code	穗数(X_1) Ears	穗粒数(X_2) Seeds per ear	千粒重(X_3) 1 000-grain weight
A_1	0.395 6*	-0.239 2	0.459 7*
A_2 (CK)	-0.037 1	0.368 0*	0.653 7*
A_3	-0.224 8	0.079 3	0.265 9*

注: *表示在 0.05 水平差异显著

Note: * indicated significant differences at 0.05 level

从表 5 可以看出, A_1 处理在产量构成上主要是通过较多的穗数和较高的千粒重而达到高产; A_2 处理主要是有较大的穗子和较高的千粒重,从而影响籽粒产量; A_3 处理主要是较大的穗子和较高的千粒重,从而达到较高的籽粒产量。

2.4 不同处理的小麦生产成本及效益的影响 参考陈倩^[5]和张书良等^[6]方法,对不同处理的小麦生产成本,按照当地生产资料、机械费用和人工费用进行核算得表 6。由表 6 可知,3 个处理的材料费用相同,即三元复合肥 2 100 元/hm²,种子 1 312.5 元/hm²,农药 675 元/hm²。生产服务费用中 3 个处理全部是大型收割机收获 750 元/hm²,其他方面: A_1 处理由于采用免耕一体机只有机播 1 500 元/hm², A_2 (CK)和 A_3 处理的施肥费用和播种费用相同,均为 450 元/hm², A_2 处理(CK)的耕地费用为 450 元/hm², A_3 处理为 750 元/hm²。人工成本按照当地 80 元/d 计算,不同处理的播种、防治病虫害和收获的用工相同,均为 1 200 元/hm²。但是 A_2 (CK)和 A_3 处理增加了施肥用工 480 元/hm²。由表 6 可知,各处理的生产成本顺序为 A_3 (7 942.5 元/hm²) > A_1 处理(7 537.5 元/hm²) > A_2 处理(CK)(7 417.5 元/hm²)。

按照 2019 年河南省小麦收购保护价 2.36 元/kg,计算出产值、经济效益、产出投入比和成本利润率(表 7)。

由表 7 可知, A_1 处理的产值虽然不是最高,但由于成本低而在经济效益、产出投入比和成本利润率方面均居首位。 A_2 处理(CK)虽然生产成本最低,但因为产量和产值也低,因此经济效益、产出投入比和成本利润率也最低。 A_3 处理虽然籽粒产量和产值高于其他 2 个处理,但由于生产成本低,造成经济效益下降,产出投入比和成本利润率反而低于 A_1 处理。

表 6 不同处理对小麦生产成本的影响

Table 6 Effects of different treatments on the production costs of wheat 元/hm²

处理编号 Treatment code	材料费用 Material cost	生产服务费用 Production and service cost	人工成本 Labor cost	合计 Total
A_1	4 087.5	2 250	1 200	7 537.5
A_2 (CK)	4 087.5	1 650	1 680	7 417.5
A_3	4 087.5	2 175	1 680	7 942.5

注:材料费用=化肥+种子+农药;生产服务费用(元)=施肥+机耕+机耙+机播+机收;人工成本(元)=(整地+播种+防治病虫害+排灌+收获)×80 元/d

Note: Material cost = fertilizer cost + seed cost + cost of pesticides; Production and service cost (Yuan) = Fertilization + machine-cultivated + Machine rake + Mechanical sowing + Mechanical harvest; Labor cost (Yuan) = (Land preparation + sow + Pest control + Irrigation and drainage + harvest) × 80 Yuan/d

表 7 不同处理的经济效益、产出投入比和成本利润率

Table 7 Economic benefit, output-input ratio and cost margin of different treatments

处理编号 Treatment code	产值 Output value 元/hm ²	生产成本 Cost of production 元/hm ²	经济效益 Economic benefit 元/hm ²	产出投入比 Output- input ratio	成本利润率 Cost-profit margin %
A_1	19 190.48	7 537.5	11 652.98	2.55	154.60
A_2 (CK)	16 345.81	7 417.5	8 928.31	2.20	120.37
A_3	19 553.59	7 942.5	11 611.09	2.46	146.19

注:当年河南省小麦收购保护价为 2.36 元/kg;产出投入比=单位产值/生产成本;成本利润率(%)=经济效益/生产成本×100%

Note: Henan wheat purchase protective price for that year 2.36 Yuan/kg; Output input ratio = The output value/The cost of production; Cost-profit ratio (%) = Economic benefits/The cost of production × 100%

3 讨论

不同处理对小麦的分蘖、主茎叶片数和次生根的影响不同,使小麦群体建成和籽粒产量的成产因素结构也不一样。小麦在出苗后主要依靠种子储藏的养分进行生长,需要的养分小,分蘖(三叶一心)开始后,养分需求量才逐渐加大。 A_1 处理肥料施用集中,小麦出苗后到越冬前,养分需要量小,种子储藏和土壤蕴涵的养分基本能够满足小麦生长的需要,当分蘖开始以后根系伸长到肥料施用区域,有了充足的养分供给,使单株和群体性状以及籽粒产量均超过 A_2 处理,呈先慢后快的趋势。对照 A_2 处理采用当地传统的耕作播种方式,因为机械动力不足、设备小、耕层浅、肥料分散使小麦根系发育不良,有效吸收养分的空间不足,导致单株性状和群体先高后低,籽粒产量也最低,已经在河南中部小麦生产上逐步淘汰。 A_3 处理由于耕层深、肥料均匀,给根系提供了优良的生长环境,单株性状和群体及籽粒产量均居于首位。但由于作业程序繁杂、成本高、劳动量大,在当前农村劳动力转移和务农年龄增大的情况下,该处理将逐步萎缩退出主导地位。所以要河南中部获得小麦高产,必须选择适宜的耕作播种方式,从而有效改善小麦生长环境条件,培养健壮个体,形成强大根系,建成合理群体,获得较高的籽粒产量和经济效益。该结论与黄婷等^[7]、韩宾等^[8]的研究结果一致。

该试验不同处理的成穗数、穗粒数和千粒重与籽粒产量均存在线性回归,千粒重对籽粒产量的贡献最大,3 个处理均呈正相关且达显著差异。单位面积的穗数和穗粒数在不同

处理不一致, A_1 处理中穗粒数和 A_2 、 A_3 处理中的成穗数与籽粒产量呈负相关。3 因素间不同处理有不同的相关性。该研究结论与张书良等^[6]、刘红杰等^[9]结果一致。

4 结论

河南中南部智能免耕施肥覆盖旋播机能显著增加小麦的分蘖、主茎叶片数和次生根, 进而建成合理的群体结构和成产因素, 获得较高的小麦籽粒产量。

就经济效益而言, 智能免耕施肥覆盖旋播机的产值较高, 经济效益较好, 投入产出比较大, 成本利润率较高。在生态效益方面, A_1 处理智能化程度高, 集粉碎、松土、开沟、施肥、播种等多个工序一次性完成, 极大地提高了整地、施肥和播种效率, 高度集成化联合作业也减少了作业环节以及对土壤的压实和破坏^[10-11], 可以保护土壤, 培肥地力, 抑制水分蒸发, 提高抗旱能力, 减少养分流失, 促进作物生长, 提高产量和效益^[12], 符合节水型农业和轻简化技术的发展方向。

根据河南省“十三五”重点推广的小麦耕播技术规划^[13], 河南小麦生产方式将完全转变为机械为主, 在推广的同时也要注意该机型松土深度浅, 不利于根系的生长和发育, 后期有倒伏潜在风险; 此外, 施肥集中, 距离麦苗较远, 使出苗后一段时间内麦苗生长慢, 且多数地面免耕, 这增加了地上杂草和地下害虫的发生概率^[14]。此外, 还要抓好农村机械维护人员的技术培训, 加快农业机械的推广速度^[15]。

(上接第 30 页)

- [21] DAVIS J M, MURPHY E A, CARMICHAEL M D, et al. Quercetin increases brain and muscle mitochondrial biogenesis and exercise tolerance[J]. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, 2009, 296(4): 1071-1077.
- [22] 肖俊峰, 史庆超, 柴启恩, 等. 饲料添加吡咯喹啉酮对围产期母猪繁殖性能和抗氧化功能的影响[J]. *动物营养学报*, 2017, 29(8): 2906-2911.
- [23] NISOLI E, CLEMENTI E, CARRUBA M O, et al. Defective mitochondrial biogenesis: A hallmark of the high cardiovascular risk in the metabolic syndrome? [J]. *Circ Res*, 2007, 100(6): 795-806.
- [24] CARTER C S, HOFER T, SEO A Y, et al. Molecular mechanisms of life- and health-span extension; Role of calorie restriction and exercise intervention[J]. *Appl Physiol Nutr Metab*, 2007, 32(5): 954-966.
- [25] DEBRAY F G, LAMBERT M, MITCHELL G A. Disorders of mitochondrial function[J]. *Curr Opin Pediatr*, 2008, 20(4): 471-482.
- [26] BAUERLY K A, STORMS D H, HARRIS C B, et al. Pyrroloquinoline quinone nutritional status alters lysine metabolism and modulates mitochondrial DNA content in the mouse and rat [J]. *Biochim Biophys Acta*, 2006, 1760(11): 1741-1748.
- [27] STEINBERG F, STITES T E, ANDERSON P, et al. Pyrroloquinoline quinone improves growth and reproductive performance in mice fed chemically defined diets[J]. *Exp Biol Med (Maywood)*, 2003, 228(2): 160-166.
- [28] GLEYZER N, VERCAUTEREN K, SCARPULLA R C. Control of mitochondrial transcription specificity factors (TFB1M and TFB2M) by nuclear respiratory factors (NRF-1 and NRF-2) and PGC-1 family coactivators[J]. *Mol Cell Biol*, 2005, 25(4): 1354-1366.

参考文献

- [1] 王绍中, 王志和, 田云峰, 等. 河南省小麦产业发展与展望[J]. *河南农业科学*, 2004(7): 27-29.
- [2] 叶优良, 杨素勤, 黄玉芳, 等. 河南省小麦生产发展与展望[J]. *中国农学通报*, 2007, 23(1): 199-203.
- [3] 卢峰. 2017 年河南小麦市场情况分析 & 2018 年展望[J]. *现代面粉工业*, 2018(2): 40-43.
- [4] 河南省统计局, 国家统计局河南调查总队. 河南统计年鉴-2018[M]. 北京: 中国统计出版社, 2019: 330-331.
- [5] 陈倩. 河南省商丘市小麦比较效益分析及小麦种业发展现状与对策[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2016: 19-21.
- [6] 张书良, 刘彩云, 张洪勇, 等. 茶树菇菌渣作底肥对冬小麦生长发育和经济效益的影响[J]. *安徽农业科学*, 2019, 47(22): 18-20, 46.
- [7] 黄婷, 杜小娟, 刘成刚, 等. 不同机械播种方式对小麦产量和籽粒品质的效应[J]. *陕西农业科学*, 2018, 64(10): 55-57.
- [8] 韩宾, 李增嘉, 王芸, 等. 土壤耕作及秸秆还田对冬小麦生长状况及产量的影响[J]. *农业工程学报*, 2007, 23(2): 48-53.
- [9] 刘红杰, 朱培培, 倪永静, 等. 不同整地方式对小麦生长发育及产量性状的影响[J]. *农业科技通讯*, 2014(5): 52-55.
- [10] 王孝民. 免耕播种机械的主要技术及发展方向[J]. *农机使用与维修*, 2019(2): 76.
- [11] 刘丹, 张鹏, 陈欣. 播种机械的发展趋势及存在问题研究[J]. *江西农业*, 2018(22): 115-116.
- [12] 岳俊芹, 邵运辉, 陈远凯, 等. 不同播种方式对耕层土壤水分及冬小麦生理特性的影响[J]. *华北农学报*, 2006, 21(5): 17-19.
- [13] 农业部小麦专家指导组. 中国小麦生产“十三五”发展规划研究[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2017: 83.
- [14] 李新举, 张志国, 邓基先, 等. 免耕对土壤生态环境的影响[J]. *山东农业大学学报*, 1998, 29(4): 520-526.
- [15] 李红军. 农机维修技术在农业机械使用中的应用[J]. *南方农机*, 2019, 50(14): 56.
- [29] CAO W H, DANIEL K W, ROBIDOUX J, et al. p38 mitogen-activated protein kinase is the central regulator of cyclic AMP-dependent transcription of the brown fat uncoupling protein 1 gene[J]. *Mol Cell Biol*, 2004, 24(7): 3057-3067.
- [30] YOON J C, PUIGSERVER P, CHEN G, et al. Control of hepatic gluconeogenesis through the transcriptional coactivator PGC-1[J]. *Nature*, 2001, 413(6852): 131-138.
- [31] HANDSHIN C, RHEE J, LIN J, et al. An autoregulatory loop controls peroxisome proliferator-activated receptor gamma coactivator 1alpha expression in muscle[J]. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2003, 100(12): 7111-7116.
- [32] HERZIG R P, SCACCO S, SCARPULLA R C. Sequential serum-dependent activation of CREB and NRF-1 leads to enhanced mitochondrial respiration through the induction of cytochrome c[J]. *J Biol Chem*, 2000, 275(17): 13134-13141.
- [33] HONDARES E, MORA O, YUBERO P, et al. Thiazolidinediones and rexinoids induce peroxisome proliferator-activated receptor-coactivator (PGC)-1alpha gene transcription; An autoregulatory loop controls PGC-1alpha expression in adipocytes via peroxisome proliferator-activated receptor-gamma coactivation[J]. *Endocrinology*, 2006, 147(6): 2829-2838.
- [34] RYU H, LEE J, IMPEY S, et al. Antioxidants modulate mitochondrial PKA and increase CREB binding to D-loop DNA of the mitochondrial genome in neurons[J]. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2005, 102(39): 13915-13920.
- [35] LEE J, KIM C, SIMON D, et al. Mitochondrial cyclic AMP response element-binding protein (CREB) mediates mitochondrial gene expression and neuronal survival[J]. *J Biol Chem*, 2005, 280(49): 40398-40401.