

北安地区大豆收获适时性损失规律研究

乔金友¹, 孙 健¹, 田园园¹, 王文富², 张玉良³, 徐 勇¹, 陈海涛¹

(1. 东北农业大学 工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150030; 2. 黑龙江长水河农场, 黑龙江 黑河 164007; 3. 黑龙江省红星农场, 黑龙江 黑河 164022)

摘 要:大豆生产关键作业环节适时性损失规律是影响大豆产量及效益的重要因素,也是优化大豆生产机器系统的重要依据。以北安地区大豆收获作业为研究对象,采用去除边界效应、控制单一变量、随机区组等试验法设计试验方案,确定每日收获大豆小区分布;依据罗曼诺夫斯基准则剔除异常试验数据,运用 SPSS 统计分析软件对试验数据进行回归分析,得到北安地区大豆收获量及收获适时损失率随收获日期呈二次函数规律变化。试验条件下,北安地区大豆最佳收获日为10月6日。试验结果为合理确定该地区大豆收获日期提供理论依据,为农业机器系统优化提供参考。

关键词:大豆;收获;适时性损失率;规律;试验

中图分类号:S565.1 **文献标识码:**A **DOI:**10.11861/j.issn.1000-9841.2017.05.0803

Experiments on the Regularities of Timeliness Loss Changing with Soybean Harvesting Date in Beian

QIAO Jin-you¹, SUN Jian¹, TIAN Yuan-yuan¹, WANG Wen-fu², ZHANG Yu-liang³, XU Yong¹, CHEN Hai-tao¹
(1. College of Engineering, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China; 2. Heilongjiang Changshuihe Farm, Heihe 164007, China; 3. Heilongjiang Hongxing Farm, Heihe 164002, China)

Abstract: One significant factor which effects soybean yield and economic benefit is timeliness loss regularities of key operations. And the timeliness loss is also the vital basement for optimizing soybean production machinery system. Soybean harvesting operation in Beian region, Heilongjiang province was taken as the research object, and the experiment was designed adopting methods of removing boundary effect, taking the harvesting date as the only variable, test plots distributing in random in order to obtain the real date. Abnormal testing data were eliminated by Romanowski criterion and SPSS statistics software was utilized for constructing the mathematic model for timeliness loss changing with the harvesting date, which is shown as a quadratic discipline in Beian region. The best soybean harvesting date in Beian was Oct 6th under the testing condition. The conclusion of the paper supplies reasonable theoretical basis for determining harvesting date in the experiment region and provides reference for optimizing agricultural machinery system.

Keywords: Soybean; Harvest; Timeliness loss rate; Regularity; Experiment

大豆是我国重要的粮食作物,也是主要的油料作物和饲用作物,但因其经济效益相对较低,种植规模一直偏低,2015 年我国大豆自给率已经低至 15% 以下^[1],中国大豆产业安全面临重大威胁。2015 年 11 月,农业部出台相关文件,要求减少镰刀弯地区玉米种植面积。在此政策引导下,2016 年黑龙江省大豆种植面积较 2015 年增长 36.52%,产量同比增长 18.79%^[2]。大豆种植规模的提高无疑会提高大豆的供给量,但在大豆生产过程中适时性损失会影响大豆产量。因此,研究大豆生产关键作业环节适时性损失规律、确定最佳作业期,并依此优化农业机器系统是提高大豆产量、降低大豆生产成本的重要理论基础。

关于适时性损失相关理论,国内学者做了大量研究工作。1983 年,孟繁琪等^[3]提出以适时性损失及机具投资的生产费用之和最小为目标,探讨适时性损失对农机配备的影响。1985 年,李振卿^[4]对作物生产过程适时性损失的构成、适时性损失函数的规律及适时性损失系数等问题进行了较深入的研究;首次提出并证明基于适时性损失的作业期最佳分布定理及作业期分布优化方法^[5]。1986 年,曹锐^[6]提出了不同产量函数下适时作业期限合理延迟天数的确定方法,以及依据作物产量函数计算适时性损失的方法。1990 年,王福林^[7]给出了已知适时性产量函数或适时性函数情况下计算适时性损失的数学模型。1991 年,高焕文等^[8]依据试验数据

分析不及时收获对小麦的体积密度、落降值和杂质含量等方面的影响。1997年,王福林等^[9]对农田作业最佳分布定理进行修正,弥补单项作业及两项关键作业作业期最佳分布定理的不足,使其使用范围得以扩展。2001年,王金武^[10]以水稻为研究对象,通过试验获得关键作业环节的适时性损失规律,并依此建立农业机器系统优化配备的非线性规划模型,确定三江地区的农业机械配备数量。2006年,罗金华^[11]建立机组作业成本和作业适时性损失之和为目标函数的非线性规划模型,对提高农业企业的机械化水平、节约生产作业成本有一定实用价值。2010年,马力等^[12]考虑适时性损失对农机配备的影响,为红星农场建立基于整数非线性规划的农机配备模型,完善了该地区的农机配备系统。2014年,张静^[13]以玉米为研究对象,建立考虑适时性损失的农业机器非线性规划模型,为解决新疆地区玉米生产的农机配备问题提供参考依据。2016年,王桂民等^[14]综合稻谷干物质损失、夹带清选损失、田间掉粒损失得到稻麦轮作区水稻机收适时性损失规律和最佳机收时期。乔金友等^[15]设计大豆播种适时性损失试验,得到黑龙江省海伦市大豆播种适时性损失规律;并进一步探讨具有单项作业和两项关键作业情况下作业期最佳分布应满足的条件^[16]。

综上所述,国内关于适时性损失的研究多集中于不同作物不同关键作业环节适时性损失规律试验、作业期最佳分布或在农业机器系统优化方面的应用等方面。但由于适时性损失规律与地区条件、作物种类及作业项目等密切相关,关于大豆收获适时性损失规律方面的研究未见报道。通过试验设计与实施、数据处理与分析,研究北安地区大豆收获适时性损失量和收获时间的函数关系,得到该地区大豆收获的适时性损失规律,有利于完善适时性损失相关理论,也为提高大豆产量、优化大豆农业机器系统提供具体理论支撑。

1 试验设计

作物收获适时性损失量与种植地区作物种类等因素密切相关。本文收集北安地区不同时间收获的大豆籽粒质量数据,采用 IBM SPSS Statistics 23 软件对北安地区大豆籽粒数据进行回归分析^[16],构建试验条件下试验区大豆籽粒收获质量随收获时间变化模型。根据适时性损失率定义,建立北安地区大豆适时性损失率模型,进一步推导得到北安地

区大豆最佳收获日。

2 数据来源

依据控制变量试验方法的要求,为保证试验精度,控制大豆生产过程中耕整地、播种及田间管理等作业过程的作业方式、投入的生产资料种类和数量保持一致,保证试验过程中收获时间为唯一变量。为去除边界效应,试验区四周距其它种植区或地边至少预留 10 m 的距离。为获得准确的适时性损失规律,收获适时性损失试验延续日期要在当地正常的大豆收获日期基础上向两端适当延伸;为保证每日采集的数据客观反映生产实际,每日收获小区数量要有一定数量的重复,本试验要求每日收获大豆的试验小区数量至少保证 10 个。结合试验地点大豆生产实际,大豆适时性损失试验的起止日期为 9 月 24 日至 10 月 10 日,期间尽量等时间间隔收获大豆 9 次,试验小区数量为 90 个。依据随机机组试验原理^[17],采用 MATLAB 编制随机分布程序确定每日收获小区的具体位置。

依据上述试验设计要求以及北安地区大豆种植方式,确定该地区适时性损失试验区规划方案:大豆垄距 1.1 m,小区长 5 m,宽 1.1 m,共 90 个小区。试验区面积 2 093 m²,测试区面积 495 m²,测试次数为 9 次。

按试验方案规定,在收获日采用人工收获方法收割大豆,并及时将每小区收割后的大豆分别装入袋中,并贴上标签,记录小区位置及收获时间,作好标记。保证采集样本不能相互渗混,避免因保管不当致使收割后大豆样本产量损失。

在晴朗干燥气候条件下,选择干净坚实地面及时分别对每小区收割后的大豆样本进行人工脱粒作业。脱粒过程中要保证样本籽粒全部脱离茎秆,而且不要丢失籽粒,同时还要保证各小区之间收获籽粒不能互相混淆,以确保试验数据真实可靠,避免人为因素造成试验结果误差。

3 大豆籽粒质量

3.1 仪器设备

用美国华智公司生产的 PTQ-A3 电子计重秤(精度为 0.1 g)测量试验地区大豆籽粒收获质量,用北京金科利达电子科技有限公司生产的 LDS-1H 型电脑粮食水份测定仪(精度为 0.1%)测量试验地区大豆籽粒含水率,并作好记录。

3.2 大豆籽粒质量测量

由于脱后大豆籽粒含水率随收获时间的变化

会有差别,为了消除大豆籽粒含水率对试验结果的影响,需计算标准含水率条件下各试验小区大豆籽粒收获质量。标准含水率条件下的大豆籽粒收获质量计算模型如式(1)所示。

$$M_b = \frac{M(1 - F)}{1 - F_b}$$

(1)

式中: M_b 为标准含水率下大豆收获质量(kg); M 为大豆实际收获质量(kg); F 为收获大豆籽粒实际含水率(%); F_b 为安全储存条件下大豆标准含水率(%)($F_b = 12\%$)。

即使采用上述方法,由于操作者操作差别等原因,也可能会造成测得的个别试验数据偏离实际值。为了提高试验精度,结合样本的数量及样本数据分布规律,采取罗曼诺夫斯基准则对每试验地区各试验小区的标准含水率条件下的大豆籽粒收获质量数据进行检验,并剔除异常数据。

在某收获日的试验样本中,假设数据 x_k 为异常数据,计算剔除 x_k 后其余数据的平均值 \bar{x} 和标准方差 s ,根据样本数量 n 以及选定的显著水平 α ,在 t 分布表中查出检验系数 $K(\alpha, n)$ 。若 $|x_k - \bar{x}| > K(\alpha, n)s$,则可判定 x_k 为异常值,应予剔除^[18]。

首先按式(1)计算标准含水率条件下各试验小区收获大豆料籽质量,然后按上述原理,对标准含

水率条件下每日收获各小区大豆籽粒质量数据进行处理,剔除异常数据后计算每天大豆籽粒收获质量的平均值。处理后的数据如表 1 所示。

表 1 大豆籽粒收获质量

Table 1 Average soybean mass of testing date in each experiment site

收获日期	平均收获质量	收获日期	平均收获质量
Harvesting Date	Average mass	Date	Average mass
/(month - day)	/kg	/(month - day)	/kg
09 - 24	1. 2557	10 - 04	1. 3346
09 - 26	1. 2877	10 - 06	1. 3829
09 - 28	1. 3339	10 - 08	1. 3804
09 - 30	1. 3834	10 - 10	1. 3964
10 - 02	1. 3822		

4 北安地区大豆收获量随收获时间变化规律

根据表 1 中数据,采用 IBM SPSS Statistics 23 软件进行回归分析^[19],构建试验条件下试验区大豆籽粒收获质量随收获时间变化模型。试验区大豆籽粒收获质量随收获时间变化模型及其相关参数如表 2 所示。

表 2 大豆收获质量随收获时间变化拟合函数参数

Table 2 Fitting function parameters of soybean mass changing with harvesting days

拟合函数	拟合优度 R^2	显著性水平	常量项	一次项系数	二次项系数
Fitting function		P	Constant	Monomial coefficient	Quadratic coefficient
线性函数	0. 675	0. 007	1. 274	0. 015	
Linear function					
对数函数	0. 816	0. 001	1. 260	0. 062	
Logarithmic function					
二次函数	0. 804	0. 007	1. 222	0. 044	-0. 003
Quadratic function					
复合函数	0. 673	0. 007	1. 275	1. 011	
Compound function					
增长函数	0. 673	0. 007	0. 243	0. 011	
Growth function					
指数函数	0. 673	0. 007	1. 275	0. 011	
Exponential function					

依据统计学原理,当 F 检验的显著性水平 $P > 0.05$ 时,回归方程无统计学上的显著性意义;当 $0.05 < P < 0.01$ 时,回归方程有统计上的显著性意义,当 $P < 0.01$ 时,回归方程有统计学上的极显著

性意义;若拟合的回归方程均有统计学上的显著性意义,则应选择回归方程拟合优度值 R^2 较大的,即 R^2 值越大,拟合效果越好^[19]。

由表 2 可知,所有函数的 P 值均小于 0.01,说

明这6个拟合的回归方程均能表达大豆收获量与收获时间的数量关系,其中对数函数和二次函数的拟合优度值 R^2 较佳,根据生产过程中实际情况可判断大豆收获量不可能随收获时间的推迟无限变大。综上确定试验区大豆籽粒收获量与收获日期之间最佳回归模型为二次函数。试验地区的回归方程如式(2)所示。

$$Y = -0.003t^2 + 0.044t + 1.222 \tag{2}$$

5 北安地区大豆收获适时性损失率随收获时间的变化规律

最佳作业期作业的收获量与某作业期作业的收获量之差为适时性损失量,适时性损失量与最佳作业期作业收获量的比值为适时性损失率。依据上述定义,适时性损失率模型如式(3)所示。

$$LR_t = \frac{L_t}{Y_{\max}} = \frac{Y_{\max} - Y_t}{Y_{\max}} = 1 - \frac{Y_t}{Y_{\max}} \tag{3}$$

式中: L_t 为大豆适时性损失量(g); Y_{\max} 为试验期间大豆最大收获量(g); Y_t 为大豆产量随时间变化量(g); LR_t 为大豆适时性损失率(%)。

将式(2)代入式(3)中,得到北安地区大豆适时性损失率与收获时间的函数关系如式(4)所示。试验区适时性损失率随时间的变化趋势如图1所示。

$$LR_t = 0.217t^2 - 3.181t + 11.641 \tag{4}$$

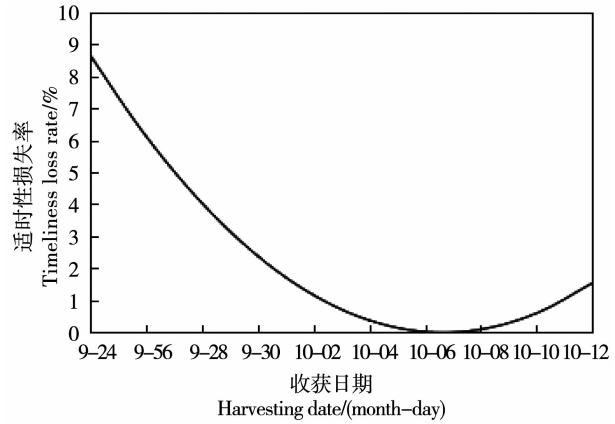


图1 大豆收获适时性损失率函数

Fig. 1 Timeliness loss function of harvesting soybean

由图1可知,试验区的大豆适时性损失率与收获时间亦呈二次函数规律变化,且有极小值。对式(4)中的收获日期 t 求导并令导数式等于零,计算得 $t = 7.33$,所以红星农场大豆收获的适时性损失率最低的时间为试验的第7次,即北安地区大豆最佳收获日10月6日,延迟或提前收获都会影响相应地区大豆的收获量。

6 结 论

(1)根据去除边界效应、随机区组试验法和控制变量试验方法原理划分试验区域,设计了大豆收获适时性损失规律试验方案,避免试验受外界因素干扰;采用罗曼诺夫准则对试验数据进行剔除处理,提高试验精度。试验方法及数据处理方法科学可靠。

(2)运用 IBM SPSS Statistics 23 软件对试验数据进行回归分析,得到试验地区大豆收获量以及适时损失率随收获日期均呈二次函数规律变化,得到该试验条件下北安地区大豆最佳收获日期为10月6日。研究获得的北安地区大豆收获适时性损失规律,弥补该地区无大豆收获适时性损失规律的不足。

(3)本文设计的大豆收获适时性损失试验方案也可为其作物或其它作业适时性损失试验提供参考;研究得到的大豆收获适时性损失规律为相应地区大豆生产机器系统优化配备提供理论依据。

参考文献

[1] 李磊. 我国大豆市场价格调控对策研究—基于协整关系的价格影响因素分析[J]. 人力资源管理, 2017(1): 216-218. (Li L. A study on the price regulation of soybean market in China-An analysis of the factors affecting the price based on cointegration [J]. Human Resource Management, 2017(1): 216-218.)

[2] 杜宇, 韩春晖, 唐庆春. 2016 年黑龙江省大豆市场形势分析与 2017 年展望[J]. 农业展望, 2017(3): 4-7, 12. (Du Y, Han C H, Tang Q C. Soybean market of Heilongjiang province in 2016 and its prospect for 2017 [J]. Agricultural Outlook, 2017(3): 4-7, 12.)

[3] 孟繁琪, 万鹤群. 农田作业适时性对农机配备量的影响[J]. 农业机械学报, 1983, 14(1): 97-104. (Meng F Q, Wan H Q. The effect of timeliness cost on the quantity of farm machines required [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 1983, 14(1): 97-104.)

[4] 李振卿. 作业适时性损失的分析与计算及作业的适时性优化(一)[J]. 东北农学院学报, 1985(3): 74-80. (Li Z Q. Analysis, calculation and optimization of field operation's timeliness loss (I) [J]. Journal of Northeast Agricultural College, 1985(3): 74-80.)

[5] 李振卿. 作业适时性损失的分析与计算及作业期的适时性优化(二)[J]. 东北农学院学报, 1985(4): 102-112. (Li Z Q. Analysis, calculation and optimization of field operation's timeliness loss (II) [J]. Journal of Northeast Agricultural College, 1985(4): 102-112.)

[6] 曹锐. 农机配备中适时作业期限合理延迟天数的确定方法[J]. 农业机械学报, 1986, 17(1): 92-99. (Cao R. A method to determine the prolongation of the proper operating time for the allo-

cation of agricultural machinery[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery,1986,17(1):92-99.)

[7] 王福林. 关于农田作业中适时性损失计算问题的探讨[J]. 农机化研究,1990,12(4):7-10. (Wang F L. Discussion on calculation of farmland operation timeliness loss[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 1990,12(4):7-10.)

[8] 高焕文, Moore G A. 不及时收获引起的小麦品质损失[J]. 北京农业工程大学学报,1991,11(1):6-14. (Gao H W. Wheat quality due to untimely harvesting in Australia[J]. Journal of Beijing Agricultural Engineering University,1991,11(1):6-14.)

[9] 王福林,董国荣,周文其. 作业期最佳分布定理及其证明方法[J]. 农业机械学报,1997,28(1):103-106. (Wang F L. Research on the theorem for the optimized distribution of the operation's term[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 1997,28(1):102-105.)

[10] 王金武. 三江平原水稻田间生产机械化系统分析与综合优化设计研究[D]. 哈尔滨:东北农业大学,2001. (Wang J W. Synthetic analysis and synthetic optimum device research of Sanjinnag Plain rice mechanization system [D]. Harbin: Northeast Agricultural University, 2001.)

[11] 罗金华. 农业企业生产作业机器配置优化研究[J]. 农机化研究,2006,28(12):83-84. (Luo J L. Study on optimum disposition of production machines for agricultural enterprises[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2006,28(12):83-84.)

[12] 马力,王福林,吴昌友,等. 基于整数非线性规划的农机系统优化配备研究[J]. 农机化研究,2010,32(8):11-15. (Ma L, Wang F L, Wu C Y, et al. Study of farm machinery system optimization based on integration nonlinear program method[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2010,32(8):11-15.)

[13] 张静. 新疆玉米主栽区农机系统优化配置与规模经营的研究[D]. 乌鲁木齐:新疆农业大学,2014. (Zhang J. Study on configuration optimization of agricultural machinery system and scale operation in the main corn zone of Xinjiang[D]. Urumqi: Xinjiang Agricultural University, 2014.)

[14] 王桂民,易中懿,陈聪,等. 收获时期对稻麦轮作水稻机收损失构成的影响[J]. 农业工程学报,2016,32(2):36-42. (Wang G M, Yi Z Y, Chen C, et al. Effect of harvesting date on loss component characteristics of rice mechanical harvested in rice and wheat rotation area[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2016,32(2):36-42.)

[15] 乔金友,李传磊,韩兆桢,等. 大豆播种适时性损失规律试验研究[J]. 大豆科学,2016,35(1):70-73. (Qiao J Y, Li C L, Han Z Z, et al. Study on the regularity of timeliness loss changing with soybean sowing date[J]. Soybean Science, 2016,32(1):70-73.)

[16] 乔金友,衣佳忠,李传磊,等. 农田作业期最佳分布问题研究[J]. 东北农业大学学报,2016,47(9):72-76. (Qiao J Y, Yi J Z, Li C L, et al. Study on the optimum distribution problem of agricultural operationperiod[J]. Journal of Northeast Agricultural University, 2016,47(9):72-76.)

[17] 黄玉碧,明道绪,荣廷昭. 三因素随机机组试验结果的二次回归分析法[J]. 四川农业大学学报,1997,15(4):6-12. (Huang Y B, Ming D X, Rong T Z. A quadratic regression analysis method for the results of randomized block design with three experimental factors[J]. Journal of Sichuan Agricultural University, 1997,15(4):6-12.)

[18] 钱尚玮. 剔除异常数据的几种统计检验方法[J]. 商业经济与管理,1984(2):29-36. (Qian S W. Several statistical test methods for excluding abnormal data[J]. Journal of Business Economics,1984(2):29-36.)

[19] 吴占福,马旭平,李亚奎. 统计分析软件 SPSS 介绍[J]. 河北北方学院学报(自然科学版),2006,33(6):67-69,73. (Wu Z F, Ma X P, Li Y K. Statistical analysis software SPSS in animal science[J]. Journal of Hebei North University(Natural Science Edition), 2006,33(6):67-69,73.)