



何长安,李金霞,骆生,等.收获时期和机收速率对玉米机收损失的影响[J].黑龙江农业科学,2021(6):132-137.

收获时期和机收速率对玉米机收损失的影响

何长安¹,李金霞²,骆生³,沈宝山⁴,王俊强⁵,石运强⁶,靳晓春⁷,毕洪文²

(1. 黑龙江省农业科学院 克山分院,黑龙江 齐齐哈尔 161600;2. 黑龙江省农业科学院 农业遥感与信息研究所,黑龙江 哈尔滨 150018;3. 依安农业技术推广中心,黑龙江 依安 161500;4. 黑龙江省八五二农场,黑龙江 宝清 155600;5. 黑龙江省农业科学院 齐齐哈尔分院,黑龙江 齐齐哈尔 161000;6. 黑龙江省农业科学院 绥化分院,黑龙江 绥化 152000;7. 黑龙江省农业科学院 佳木斯分院,黑龙江 佳木斯 154700)

摘要:为了进一步降低玉米机械收获损失,本文于2018年在巴彦县、依安县和852农场、2020年在黑龙江省农业科学院克山分院试验地开展不同收获时期和机收速率试验,调查不同区域的机收损失因素对玉米机械收获损失的影响。结果表明:正常生长状态下玉米机械粒收作业时,籽粒含水量在23%~25%时损失最低,此时为机械粒收最佳时期,机收速率在 $1.5\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 左右为最佳机车作业速度;正常生长状态下玉米机械穗收作业时,籽粒含水量在28%~33%时损失最低,此时为机械穗收最佳时期,机收速率在 $1.5\sim 2.0\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 时为最佳机车作业速度。田间玉米倒伏状态下,采用适时早收,降低机收速率方式可降低机收损失。

关键词:黑龙江省;玉米;机收损失;收获时期;机收速率

玉米作为黑龙江省的第一大粮食作物,其全程机械化作业程度对实现黑龙江省农业现代化发展至关重要,玉米机械收获作为玉米产中产后的衔接环节,也是玉米全程机械化的薄弱环节,因此玉米机收技术的研究和普及意义重大。已有研究表明,玉米产后机械收获的进一步普及发展存在很多限制因素,如品种、土地规模、机械研化更新速度、机械价格、栽培特点、农民观念意识、配套烘干设施等技术及市场因素^[1-3]。“十三五”期间在黑龙江省委省政府的相关政策引导扶持下,作物生产全程机械化的很多问题得到了解决^[4]。截至2019年,黑龙江省的平均机械化耕作水平达到99.2%,主要粮食作物机械化收获率达到91%,但玉米在机械化收获方面是四大作物中最低的^[5],因此仍需继续开展相关科学研究并加大技术推广力度。

本团队通过调研得出玉米籽粒含水量过高或

过低、收获机行驶速度过快、机械参数和机收操作不规范等因素会造成黑龙江省的玉米收获损失过高,从而降低玉米机收质量,影响效益,是限制黑龙江省玉米机械收获发展进程的客观原因。如黑龙江省新型经营主体机械粒收时的籽粒含水量在18%~35%,损失率在2%~12%,机械穗收时的籽粒含水量在27%~35%,损失率在2%~9%^[6],这与国外还有一定差距。因此开展收获时期、机收速率对玉米机收损失影响的试验,进而集成促使农机农艺进一步协调融合,可为现阶段黑龙江省减少玉米产后损失全链条的薄弱环节(机械收获环节)提供技术补充,满足“节粮减费”的时代要求,以促进玉米全程机械化发展进程。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

2018年在巴彦县、依安县、852农场的粮丰项目试验示范基地3个地点进行不同收获时期、不同机收速率的玉米机收试验;2020年9月3日由于“美莎克”台风影响,黑龙江省部分区域玉米出现不同程度倒伏的情况,团队及时新增研究计划,在黑龙江省农业科学院克山分院试验地块对倒伏玉米开展不同机收速率的机收试验。

1.2 材料

供试品种和机械型号详见表1。

收稿日期:2021-02-10

基金项目:国家重点研发计划“粮食丰产增效科技创新”重点专项子课题“黑龙江玉米水稻产后减损关键技术集成与示范”(2018YFD0300107-1,2018YFD0300107-3);“国家玉米产业技术体系克山综合试验站”(CARS-02-35);黑龙江省玉米产业技术协同创新推广体系。

第一作者:何长安(1983—),男,硕士,副研究员,从事玉米遗传育种研究。E-mail:corn_he@163.com。

通信作者:毕洪文(1964—),女,硕士,研究员,从事农业经济、农业信息研究。E-mail:Bhw01@126.com。

1.3 方法

1.3.1 收获时期和机收速率对玉米机收损失影响试验设计 收获时期、机收速率对机收损失影响试验设置 3~4 个不同的机收时间,间隔约 5~10 d;机收速率设置 3 个水平,分别为 1.0,1.5,2.0 m·s⁻¹。具体试验设计见表 1。试验采用国家

或黑龙江省审定(或备案)的适宜机械化收获的玉米品种,机械收获时田间倒伏倒折率小于 5%。试验区周边农户地块常规收获方式为对照组。每处理一个割幅实收面积为 667 m²,收获后直接称重获得当日平均产量(其中穗收果穗直接脱粒称重)。

表 1 收获时期和机收速率对机收损失影响试验设计

区域类型	试验地点	试验规模/hm ²	试验品种	机收部位	机型	收获时间/(月-日)	机收速率/(m·s ⁻¹)
半湿润区	巴彦西集镇	1.33	和育 187	籽粒	东风 E518(6 行)	10-02	1.0
						10-12	1.5
						10-22	2.0
						11-01	
						10-12(CK)	
半湿润区	巴彦西集镇	1.33	和育 187	果穗	约翰迪尔 Y210(4 行)	10-02	1.0
						10-12	1.5
						10-22	2.0
						11-01	
						10-12(CK)	
半干旱区	依安县三兴镇	2.67	垦沃 6 号	果穗	约翰迪尔 Y210(4 行)	10-02	1.0
						10-12	1.5
						10-22	2.0
						11-01	
						10-15(CK)	
湿润区	八五二农场二分厂	2.67	德美亚 3 号	籽粒	约翰迪尔 S660(10 行)	10-02	1.0
						10-12	1.5
						10-22	2.0
						10-15(CK)	

1.3.2 倒伏玉米机收损失影响因素试验设计 玉米收获机型为约翰迪尔 S660,割幅为 10 行,玉米品种为克玉 19,机收速率分别为 0.5,1.0 和 1.5 m·s⁻¹,采用逆向收割方式。

1.3.3 测定项目及方法 采用 Kett 牌水分测定仪测定籽粒含水量,按照 14%标准含水量折算成标准水产量。损失率测定方法是在每个处理一个割幅地块随机选取 3 个样点,每个样点取 2 m 长一个割幅宽(4~10 行)面积作为样区,收集样区内所有的落穗和落粒,并分别称其籽粒重;同时在一个割幅 50 m 内捡拾所有落穗进行称重,按照样区面积计算单位面积的落穗重和落粒重,计算损失率。机械收获的生产试验面积较大,本试验均参照国家及省机械化品种审定试验采用大田对比法,不设重复。

标准水损失量(kg·667 m⁻²)=产量×损失率×(100-籽粒含水量)/86;

损失率(%)=落穗率+落粒率;

落穗率(%)=单位面积田间落穗籽粒重/单

位面积产量×100;

落粒率(%)=单位面积田间落粒重/单位面积产量×100。

1.3.4 数据分析 试验数据采用 Excel 2003 进行处理。

2 结果与分析

2.1 收获时期和机收速率对玉米机收损失的影响

2.1.1 依安县机械穗收损失率 由表 2 可知,依安县(半干旱区)不同收获时期、含水量、机收速率下的玉米机械穗收损失率存在差异,10 月 12 日后整体呈现随着收获期推迟,含水量降低,损失率上升的趋势。随着玉米田间站秆时间延长,可能因倒伏率上升、自然落穗增多、果穗与茎秆连接力度下降,穗收机械的割台震落几率增加;11 月 1 日前机收速率设置在 1.5~2.0 m·s⁻¹时机收损失率均小于机收速率为 1 m·s⁻¹的机收损失率;试验的不同收获期含水量变幅为 25.2%~32.7%,试验总损失率变幅为 2.15%~6.99%,周边自主农户

对照田损失率在 4.47%；玉米机械穗收损失率最低组合是收获期 10 月 2 日+含水量 32.7%+收获速率 2 m·s⁻¹ 的处理,穗收损失率为 2.15%。最低组合处理机收损失率低于对照 2.32 百分点,差异明显。收获期 10 月 12 日+含水量 28.2%+收获速率 1.5 m·s⁻¹ 处理穗收损失率为 2.26%,与最低组合差异较小。

表 2 依安县不同收获时期和机收速率
对机械穗收损失率的影响

收获时间/ (月-日)	收获含 水量/%	机收速率/ (m·s ⁻¹)	落穗 率/%	落粒 率/%	总损失 率/%
10-02	32.7	1.0	2.14	0.63	2.77
		1.5	1.86	0.55	2.41
		2.0	1.57	0.58	2.15
10-12	28.2	1.0	2.04	0.66	2.70
		1.5	1.60	0.66	2.26
		2.0	1.63	0.68	2.31
10-22	26.4	1.0	4.02	0.59	4.61
		1.5	3.72	0.50	4.22
		2.0	3.76	0.59	4.35
11-01	25.2	1.0	6.04	0.91	6.95
		1.5	6.25	0.74	6.99
		2.0	6.21	0.62	6.83
10-15(CK)	29.3	2.0	3.92	0.55	4.47

2.1.2 巴彦县机械穗收损失率 由表 3 巴彦县(半湿润区)玉米机械穗收损失试验结果可知,试验的不同收获期含水量变幅在 22.4%~28.3%,试验总损失率变幅在 2.26%~3.69%,10 月 2 日后整体呈现随着收获期推迟,含水量降低,损失率上升的趋势;周边自主农户对照田损失率在 3.67%；玉米机械穗收损失率最低组合是收获期 10 月 2 日+含水量 28.3%+收获速率 2.0 m·s⁻¹ 的处理,穗收损失率为 2.26%。最低组合处理机收损失率低于对照 1.41 百分点。

2.1.3 852 农场机械粒收损失率 由表 4 可知,852 农场(湿润区)玉米机械粒收损失试验中,不同收获时期、含水量、机收速率下玉米机械粒收损失率存在差异。收获期含水量变幅在 24.5%~31.6%,试验总损失率变幅在 2.14%~2.86%,周边自主农户对照田损失率在 3.94%；玉米机械粒收损失率最低组合是收获期 10 月 22 日+含水量 24.5%+收获速率 1.5 m·s⁻¹ 的处理,粒收损失率为 2.14%,2.0 m·s⁻¹ 处理与之差异不大,

1 m·s⁻¹ 差异较大,可能是茎秆较干,喂入量过少等引起机械收获运行参数不协调、机收操作不规范使损失率上升所致。最低组合处理机收损失率低于对照 1.80 百分点,减损效果明显。

表 3 巴彦县不同收获时期和机收速率
对机械穗收损失率的影响

收获时间/ (月-日)	收获含 水量/%	机收速率/ (m·s ⁻¹)	落穗 率/%	落粒 率/%	总损失 率/%
10-02	28.3	1.0	1.43	0.84	2.27
		1.5	1.46	0.86	2.32
		2.0	1.34	0.92	2.26
10-12	25.6	1.0	1.49	0.88	2.37
		1.5	1.53	0.80	2.33
		2.0	1.54	0.82	2.36
10-22	23.2	1.0	1.85	0.81	2.66
		1.5	1.72	0.83	2.55
		2.0	1.67	0.86	2.53
11-01	22.4	1.0	2.75	0.94	3.69
		1.5	2.35	0.84	3.19
		2.0	2.13	0.95	3.08
10-12(CK)	29.4	2.0	2.72	0.95	3.67

表 4 852 农场不同收获时期和机收速率
对机械粒收损失率的影响

收获时间/ (月-日)	收获含 水量/%	机收速率/ (m·s ⁻¹)	落穗 率/%	落粒 率/%	总损失 率/%
10-02	31.6	1.0	1.94	0.92	2.86
		1.5	1.35	0.90	2.25
		2.0	1.39	0.83	2.22
10-12	27.4	1.0	1.77	0.83	2.60
		1.5	1.40	0.85	2.25
		2.0	1.44	0.76	2.20
10-22	24.5	1.0	2.34	0.71	3.05
		1.5	1.37	0.77	2.14
		2.0	1.36	0.79	2.15
10-12(CK)	30.9	2.0	2.92	1.02	3.94

2.1.4 巴彦县机械粒收损失率 由表 5 巴彦县(半湿润区)玉米机械粒收损失试验结果可知,不同收获时期、含水量、机收速率下玉米机械粒收损失率不同。不同收获期含水量变幅在 22.4%~28.3%,试验总损失率变幅范围在 2.44%~3.27%,周边自主农户对照田损失率在 4.66%；玉米机械粒收损失率最低组合是收获期 10 月

12日+含水量25.2%+收获速率1.5 m·s⁻¹的处理和收获期10月22日+含水量23.2%+收获速率1.5 m·s⁻¹的处理,粒收损失率均为2.44%。最低组合处理机收损失率低于对照2.22百分点。

表5 巴彦县不同收获时期和机收速率对机械粒收损失率的影响

收获时间/ (月-日)	收获含 水量/%	机收速率/ (m·s ⁻¹)	落穗 率/%	落粒 率/%	总损失 率/%
10-02	28.3	1.0	1.70	0.97	2.67
		1.5	1.46	1.08	2.54
		2.0	1.52	1.10	2.62
10-12	25.2	1.0	1.64	1.01	2.65
		1.5	1.58	0.86	2.44
		2.0	1.65	0.91	2.56
10-22	23.2	1.0	1.68	0.91	2.59
		1.5	1.56	0.88	2.44
		2.0	1.83	0.85	2.68
11-01	22.4	1.0	2.23	1.04	3.27
		1.5	1.89	0.89	2.78
		2.0	1.94	0.80	2.74
10-12(CK)	-	-	-	-	4.66

综合依安、巴彦、852农场的试验结果,可以得出机收损失包括落穗、落粒,落穗占主要部分;相同收获时期,不同机收速率条件下损失率不同;不同收获时期,相同机收速率条件下损失率不同;随着站秆时间进一步延长损失率显著提高;机械穗收与机械粒收损失率最低的收获时间及含水量均存在差异,根据各地试验结果可推断出机械穗收方式的减损最佳组合为收获期10月2—12日+含水量28.2%~32.7%+收获速率1.5~2.0 m·s⁻¹的处理;机械粒收方式的减损最佳组合为收获期10月12—22日+含水量23.2%~25.2%+收获速率1.5 m·s⁻¹的处理;此外收获作业前没有试割(农户对照)导致机械收获运行参数不协调、机收操作不规范是使损失率上升的主要因素之一。

研究表明,玉米收获时间对玉米产量与品质有很大影响,生产上玉米多在果穗苞叶发黄,籽粒发硬时收获,但这时玉米并未完全成熟,收获会降低玉米产量、抑制玉米出粉率和品质。玉米黑层出现并且籽粒退乳线消失,即完熟期开始收获为最佳时期^[7]。

黑龙江省玉米机收方式以机械穗收和机械粒两种方式并存,地方多以机械穗收为主,农垦系统以机械粒收为主。两种玉米机械收获方式最明显的差异在于对生理成熟后收获时间的要求上,机械粒收时间上要晚于机械穗收。由于品种生育日数、地块、播期、年度气候条件等因素导致成熟时期不统一,因此仅用试验结果的日期并不能准确指示玉米机械收获的最佳时期^[6]。通过前期调研,并参照国家标准GBT 21962-2008与黑龙江省标准DB23/T 2154-2018,确定以收获时籽粒含水量为机械收获最佳时期的定性指标最为合理。本试验结果也验证了这点。由图1可知,巴彦试验基地玉米机械收获在中间机收速率处理下,两种机收方式收获时籽粒含水量与损失率的相关系数分别为-0.359与-0.776,收获含水量与损失率两者为负相关,在一定含水量范围内,同一地点同一品种机械收获时含水量越低,损失率呈不同程度的下降趋势,说明籽粒含水量是影响玉米机械收获损失的主要因素之一。

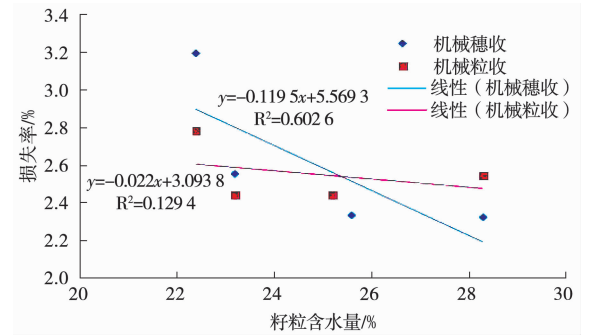


图1 巴彦玉米机械收获损失率随含水率变化

玉米收割机作业过程中,要依据玉米种植密度、产量、籽粒含水量来选择最佳的作业行驶速度,既降低机收损失的同时提高机收效率。当前黑龙江省生产中普遍存在收获作业速度过高,造成喂入量过大,会导致割台堵塞,掉穗、落粒增加,增加机收损失量。机械收获行驶速度与损失率之间定量关系也缺乏相应数据支撑^[8],一般收割机销售厂家建议收割机以中间档位(约1.5 m·s⁻¹左右)速度作业为最佳,经过各地试验结果(表2~5)可以看出,虽然各地各收获期不同机收速率得损失率结果存在差异,但总体在中间档位1.5 m·s⁻¹损失率最低,说明机收速率是影响机收损失的主要因素,而且在正常条件下,应用推荐档位是机收作业减少损失的前提保障,然后根据试割再调整至最佳行驶速度。

2.2 倒伏玉米机收损失情况

由图 2 可知,不同倒伏程度机收损失率存在一定规律,倒伏越轻,损失率越低;机收速率越小,损失也越小,在倒伏程度与地面夹角 60° 时,各机收速率条件下损失率均在 5% 以下,符合国标。在

倒伏程度与地面夹角 45° 时,机收速率在 $0.5\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 时损失率在 5% 以下,为 4.09%;在倒伏程度与地面夹角 30° 时,机收速率在 $0.5\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 时损失率最低,为 6.41%。因此,对于倒伏玉米收获的机收速率越小越好。

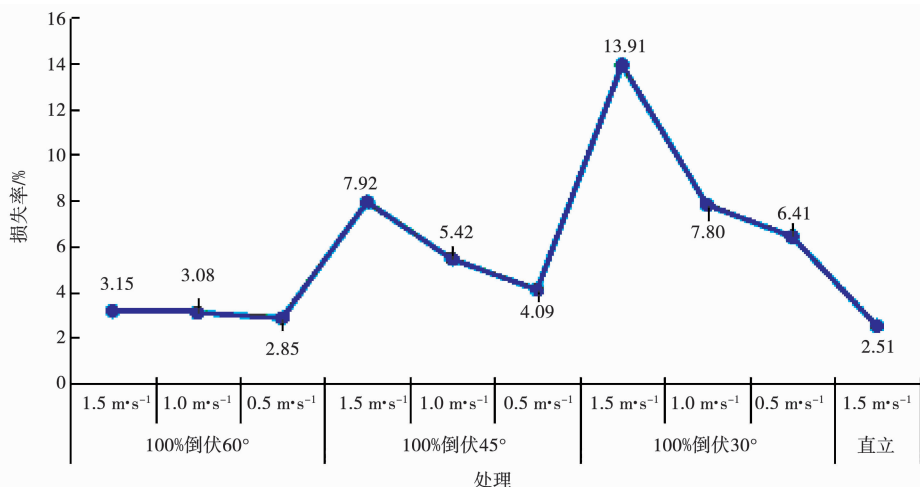


图 2 不同倒伏程度对玉米机械收获损失率的影响

研究表明在倒伏控制试验条件下,倒伏每增加 1%,落穗率增加 0.59%;收获速度随倒伏率增加呈指数递减趋势,降低收获机割台可以减少落穗损失,但是降低了收获速度。通过选用抗倒伏品种、构建高质量群体、适时收获等防止倒伏措施,能够有效降低玉米机械粒收的田间损失^[9]。试验表明当田间倒伏程度为 30° 以下时,采用常规收获方式损失率高达 13.91%,远远超出国家标准范围,采用适时早收、逆向、慢速、降低割台的收割方式时损失率符合或接近国家标准。

2.3 落穗率与落粒率的相关分析

将各地试验落穗率与落粒率数据进一步整理,获得机械穗收相关数据 26 组,粒收相关数据 22 组,并进一步进行相关分析(图 3),得出落穗损失高于落粒损失,这与国外研究基本相符^[10-11],其中机械穗收的落穗损失占总损失的 77.85%,机械粒收的落穗损失占总损失的 65.86%;机械穗收的落穗率与落粒率相关系数为 -0.24,呈弱的负相关,机械粒收的落穗率与落粒率相关系数为 0.17,呈弱的正相关,常志强等^[12]研究两种收获方式机型的收获损失中落穗损失与落粒损失之间均呈显著正相关,说明影响机收损失得因素众多,并且落穗率与落粒率的影响因素如品种、机

型、机械部件性能、地域差异等影响作用不一致。因此可以通过分别研究落穗与落粒损失途径可减少机收总损失,其中减少落穗损失得技术研发是重点。

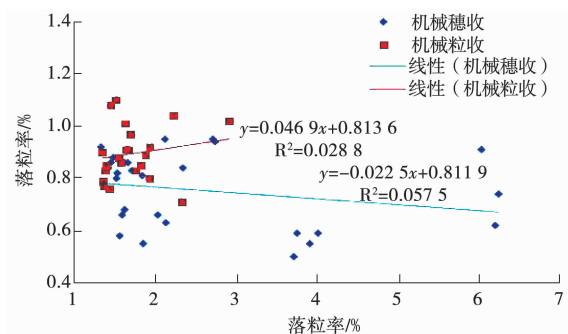


图 3 落穗率与落粒率的相关分析

3 结论

玉米机械收获方式为机械穗收与机械粒收,由于机型、收获时期差异,收获时要综合考虑地域差异、品种差异、籽粒含水量、玉米生长状态、机型、试割调参及机收速率等方面因素,采用最适收获时期(含水量)、机收速率、试割调参、作业操作规范等单项技术措施集成玉米机械收获减损关键技术模式,可减少玉米收获作业损失率,提高效率。

玉米机械收获减损技术要从降低落穗率与落粒率入手,两者相关但不显著,提高品种宜机收能力、研发抗倒防衰机械化栽培技术、规范机收作业是降低落穗率的重点。

最佳收获时期主要考虑收获时玉米籽粒含水量及田间生长状态,倒伏严重要适时早收,正常条件下机械穗收籽粒含水量在 28%~33% 为最佳时期,机械粒收籽粒含水量在 23%~25% 为最佳时期。

正常条件下,玉米机收速率在中间档位或略快 1.5~2.0 m·s⁻¹ 时为最佳机车作业速度,损失低、效率高。

倒伏情况下,玉米机收速率降低至中间档位速度的 1/3(0.5 m·s⁻¹) 时,采用逆向收割能有效降低损失率。

参考文献:

- [1] 孙士明,靳晓燕,韩宏宇,等. 黑龙江省玉米生产机械化现状 & 发展建议[J]. 农机化研究, 2015, 37(5): 1-6.
- [2] 李民. 玉米机械化收获的发展趋势及关键技术问题分析[J]. 农机使用与维修, 2019(3): 79.

- [3] 刘绍锋. 玉米籽粒直收的推广迟缓原因分析[J]. 农机科技推广, 2017(9): 16.
- [4] 佟思宇,陈实,陈学礼,等. 黑龙江力推主要作物生产全程机械化[J]. 农机科技推广, 2020(7): 8-9, 18.
- [5] 康海燕. 黑龙江省农业机械化的影响因素与优化对策研究[J]. 农机使用与维修, 2020(8): 30-31.
- [6] 何长安,李金霞,王海玲,等. 黑龙江省新型经营主体的玉米机械收获现状 & 收获损失分析[J]. 黑龙江农业科学, 2019(12): 106-110.
- [7] 刘迪. 玉米最佳收获时间及收获后贮藏方法[J]. 农业与技术, 2018, 38(23): 53-54.
- [8] 柳枫贺. 影响玉米机械收粒质量的主要因素研究[D]. 石河子: 石河子大学, 2013.
- [9] 薛军,李璐璐,谢瑞芝,等. 倒伏对玉米机械粒收田间损失和收获效率的影响[J]. 作物学报, 2018, 44(12): 1774-1781.
- [10] SIMITH H P, WILKES L H. 农业机械与设备[M]. 朱继培, 吴叙兰, 译. 北京: 机械出版社, 1982.
- [11] HANNA H M, KOHL K D, HADEN D A. Machine losses from conventional versus narrow row corn harvest[J]. Applied En-gineering in Agriculture, 2002, 18(4): 405-409.
- [12] 常志强,何超波,李林鹤,等. 玉米机械化收获减损技术[J]. 农业工程, 2020, 10(9): 17-20.

Analysis on Factors Influencing Yield Loss of Mechanized Harvesting of Harvest Period and Mechanical Harvest Speed in Maize

HE Chang-an¹, LI Jin-xia², LUO Sheng³, SHEN Bao-shan⁴, WANG Jun-qiang⁵, SHI Yun-qiang⁶, JIN Xiao-chun⁷, BI Hong-wen²

(1. Keshan Branch, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Qiqihar 161600, China; 2. Institute of Agricultural Remote Sensing and Information, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086, China; 3. Yi'an Agricultural Technology Extension Center, Yi'an 161500, China; 4. 852 Farm, Baoqing 155600, China; 5. Qiqihar Branch, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Qiqihar 161000, China; 6. Suihua Branch, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Suihua 152000, China; 7. Jiamusi Branch, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Jiamusi 154700, China)

Abstract: In order to further reduce the loss of maize machinery harvest, this paper conducted different harvest period and machine harvest rate tests in Bayan County, Yǐ'an county and 852 farm in 2018 and Keshan Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences in 2020. The effects of different factors on the loss of maize machinery harvest were investigated. The results showed that under the normal growth condition, when the moisture content of maize grain was between 23% and 25%, the loss was the lowest, which was the best period of mechanical grain harvest, and the best mechanical harvest speed was about 1.5 m·s⁻¹; under the normal growth condition, when the moisture content of maize grain was between 28% and 33%, the loss was the lowest, which was the best period of mechanical ear harvest, and the best mechanical harvest speed was between 1.5-2.0 m·s⁻¹. In the lodging field the method of early harvest period and lower the mechanical harvest speed could reduce the mechanical harvest loss.

Keywords: Heilongjiang; maize; mechanized harvesting; harvest period; mechanical harvest speed