

化学催熟剂对套作大豆收获品质的影响研究

舒凯,孟永杰,梅林森,刘卫国,刘春燕,杨峰,雍太文,杨文钰

(四川农业大学农学院/农业部西南作物生理生态与耕作重点实验室,四川成都611130)

摘要:以耐荫品种南豆12为材料,在“玉米-大豆”带状套作模式下,研究了在R7前期、后期两个时间点喷施乙烯利、立收谷、克无踪3种化学催熟剂对大豆机收品质的影响。结果表明:在不同的喷施时间,3种催熟剂均能不同程度地促进大豆衰老、植株叶片脱落和各器官脱水干燥,这为套作大豆的机械化收获创造了有利条件。与对照相比,喷施乙烯利能显著促进叶片的脱落,且对产量影响最小,但籽粒脱水缓慢;克无踪次之;而立收谷在加速籽粒脱水方面效果最为明显,至第9天籽粒含水量即降至适宜机收的水平,比对照提前了9 d,但显著降低百粒重和平均单粒重。此外,3种催熟剂对大豆籽粒的油分含量、蛋白质含量和自然脱落无显著影响。因此,在套作大豆生产中,可以根据不同情况选用催熟剂,保证大豆的机械化收获。

关键词:大豆;套作;化学催熟;品质

中图分类号:S565.1 **文献标识码:**A **DOI:**10.11861/j.issn.1000-9841.2015.02.0264

Studies on the Effect of Chemical Ripeners on the Characteristics for Mechanized Harvesting of Relay Cropping Soybean

SHU Kai, MENG Yong-jie, MEI Lin-sen, LIU Wei-guo, LIU Chun - yan, YANG Feng, YONG Tai-wen, YANG Wen-yu
(College of Agronomy, Sichuan Agricultural University/ Key Laboratory of Crop Ecophysiology and Farming System in Southwest China, Ministry of Agriculture, Chengdu 611130, China)

Abstract: ‘Maize-Soybean’ strip intercropping system is prevailing especially in Southwest China since 2000. Mechanized harvesting of relay cropping soybean is essential for further development of this system. In the present of study, shade-insensitive soybean cultivar ND 12 (Nandou 12) was employed under the “Maize-Soybean” strip intercropping system. The effect of three chemical ripeners including ethephon, diquat and paraquat, on the characteristics for mechanized harvesting of soybean were investigated during R7 stages, and consequently, these results provided the theory and technical basis for mechanized harvesting of relay soybean. The results revealed that, three kinds of chemical ripeners promoted leaves abscission, organs dehydration and aging with varying degrees, which created the favorable conditions for the mechanized harvesting of relay cropping soybean. Compared with the control, ethephon significantly promoted leaves abscission, and not negatively affect the 100-grain weight and the weight per seed, but the dehydration rate was low; paraquat took the second place. Regard to the dehydration rate, diquat possesses the obvious effect. After 9 days spraying, the water content in grains reduced to the level which fit for mechanized harvesting, and this data is ahead of 9 days compared to CK. However, diquat remarkably decreased the 100-grain weight and the weight per seed. Furthermore, our results demonstrated that these three kinds of chemical ripeners had no significant negative effect on soybean seed oil concentration, protein amount and the natural shedding. Therefore, in the relay cropping system, the diverse chemical ripeners ought to employ according to the different conditions, which ensure the smoothly of mechanized harvesting.

Keywords: Soybean; Relay cropping; Chemical ripening; Characteristics

自2000年以来,以“玉米-大豆”套作为代表的带状复合种植模式发展迅速,表现出巨大的潜力,这为提高我国大豆产量,缓解进口压力,确保国家粮油安全提供了新的思路和途径^[1-2]。但是,在当前农村劳动力减少的情况下,多熟种植模式因其在播种、管理、收获费工费时,劳动强度大,不利于其优势潜力的充分发挥,限制了带状套作模式的大面积推广。因此,在农机、农艺、耕作制度相结合的基础上,改传统人工种植方式为机械化系统生产已成为现代可持续农业的必然要求^[3-4]。要实现大豆

的机械化联合收获,需要保证植株特性适宜机收、且田间成熟度一致。而南方地区秋季多雨,自然状态下,许多农作物很难适时达到机收状态,因此可在其生长发育后期,即临近成熟期,采用化学调控技术,加快有机物质的转运,促其成熟且成熟度相对一致,这将为机械化收获创造有利条件。另外,有研究表明,化学催熟还可降低植株各器官的含水量,可大大减轻机械收获时的负荷,有效地降低机收损失,提高经济效益^[5]。

作物化学控制是指应用植物生长调节剂,通过

收稿日期:2014-06-15
基金项目:国家重点基础研究发展计划(2011CB100402);农业部大豆产业技术体系专项(CARS-04-PS19)。
第一作者简介:舒凯(1982-),男,博士,讲师,主要从事大豆遗传、生理研究。E-mail:kshu@sicau.edu.cn。
通讯作者:杨文钰(1958-),男,教授,博导,主要从事大豆栽培生理研究。E-mail:wenyu.yang@263.net。

影响植物内源激素系统而调节作物的生长发育过程,使其朝着人们预期方向发生变化的技术体系,主要通过化学催熟剂来达到^[6-7]。对油菜、小麦、棉花等作物施用乙烯利和立收谷等催熟剂以后,能够在一定程度上改善作物品质,加速茎秆脱水、保证成熟度一致、进而提高机械收获的作业效率^[8-10]。乙烯利是一种可诱导植物自身内源乙烯释放的生长调节剂,能增强磷酸化酶的活性,促进成熟和器官脱水,已成功地应用于多种作物的催熟^[11]。立收谷,又名敌草快,是二吡啶类催熟剂,能使作物的绿色部位迅速失水干枯,实现提早收割;并且具有在土壤中迅速钝化,对后茬作物安全的优点,常用于作物催熟。克无踪,又名百草枯,与立收谷同属二吡啶类化学剂,用于作物化学催熟^[8]。

目前,已经有化学催熟剂用于大豆的报道,在大豆生育后期(R7)喷施化学催熟剂,可促进大豆早熟^[12]。但对南方地区夏播套作大豆的化学催熟、确保植株机收特性,尚缺乏研究。因此,本文以南豆12为材料,在“玉米-大豆”带状套作模式下,在R7期分两个时间点,研究了乙烯利、立收谷、克无踪3种化学催熟剂对大豆机收品质的影响,以期为带状套作大豆的机械化收获提供理论和技术参考。

1 材料与方法

1.1 材料

供试大豆品种为适宜“玉米-大豆”带状套作模式的耐荫、高产品种南豆12,半矮秆,亚有限结荚习性,白花,棕毛,株型收敛,有效分枝5~6个,椭圆形叶。玉米品种为川单418,四川农业大学玉米研究所选育。

化学催熟剂来源:乙烯利,水剂,四川省兰月科技有限公司生产,有效成分含量40%;立收谷,又名敌草快,水剂,英国先正达有限公司生产(Syngenta),制剂含有效成分200 g·L⁻¹;克无踪,有效成分为百草枯(paraquat),水剂,成都邦农化学有限公司生产,制剂含有效成分200 g·L⁻¹。

1.2 试验设计

试验于2012年在四川省眉山市仁寿县珠嘉乡四川丘陵现代粮食生产示范基地进行。按照玉米大豆带状复合种植技术规程,带宽2 m,玉米采用宽窄行种植(宽行160 cm,窄行40 cm),玉米宽行内种2行大豆,行距40 cm,大豆行与玉米行的距离60 cm。玉米定苗后密度52 500株·hm⁻²,穴距38 cm,平均每穴留2株;大豆定苗后密度100 000株·hm⁻²,穴距19 cm,平均每穴留2株。使用农哈哈集团生产的2BYSF-2 勺轮式精量播种机进行大豆播种,每千

克大豆种子用5%的烯效唑可湿性粉剂(优康,四川兰月科技有限公司)16 mg干拌种。大豆底肥为过磷酸钙450~525 kg·hm⁻²、氯化钾60~75 kg·hm⁻²,种肥分离;追肥于玉米收后施尿素60 kg·hm⁻²。田间管理同大田生产一致。

采用双因素随机区组设计,3次重复,因素A为不同的催熟时间,共两个水平:A1,成熟初期第1天(R7A1),2012年10月13日;A2,成熟初期后第7天(R7A2),2012年10月20日。因素B为催熟试剂,四个水平:对照为H₂O(B0)、克无踪(B1)、乙烯利(B2)、立收谷(B3)。3种催熟剂均使用公司推荐的最佳浓度:克无踪(B1)3 mL·L⁻¹,乙烯利(B2)2.9 mL·L⁻¹,立收谷(B3)6.7 mL·L⁻¹,每小区喷洒450 mL,清水也等量喷洒。小区长10 m,共24个小区。催熟处理后每隔3 d取样1次,直至籽粒含水量降至20%的水平。

1.3 测定项目与方法

1.3.1 各器官含水量 以喷施催熟剂当天(第0天)开始,每3 d取样检测各器官含水量。当含水量降至适宜机收的水平,则不再继续取样测定。在机收实践中,发现茎秆含水量60%左右,籽粒、荚皮含水量在20%左右最适宜于机收。因此,对于籽粒和荚皮含水量,以测定至适宜机收的20%的水平为止^[13];茎秆含水量则测定至60%的水平为止。每小区随机选3个取样点,每点2 m²,取样时用剪刀紧贴地面剪断植株;将3处所取样混合,按茎粗从小到大排列,每隔5株选取1个样(即选用第1、6、11、16、21、26……株样品)作为具有代表性的植株。将每株样品的茎秆(分枝计入茎秆内)、荚皮、籽粒分开,测量湿重,而后于70℃烘干(连续烘干48 h,籽粒烘干后使用近红外谷物品质分析仪检测时含水量应在9%左右),测量干重,按如下公式计算含水量:

$$P=\frac{M_1-M_2}{M_1}$$

其中:P-含水量,%;M₁-湿重,g;M₂-干重,g。

1.3.2 自然损失量 大豆的豆荚在成熟上有一定差异,较早成熟的豆荚在太阳暴晒下易炸裂,豆荚炸裂所带来的损失是自然损失的主要组成部分,故可用自然损失来表示其裂荚性。当大豆完熟且籽粒含水量低于25%时,将单位面积内自然掉落于地上的所有籽粒(包括掉落的荚果内的籽粒)收集,烘干称重,然后按如下公式计算自然损失量:

$$E=\frac{W}{S_E}$$

其中:E-自然损失量,g·m⁻²;W-各点落籽总重

量, $g; S_E$ -各点面积总和, m^2 。

1.3.3 籽粒品质 使用福斯 FOSS Infratec 1421 型近红外谷物品质分析仪对大豆的品质进行分析, 包括蛋白质和油分含量。

1.3 数据分析

采用 Excel 2003 和 SPSS 11.0 进行数据处理和统计分析。

2 结果与分析

2.1 催熟剂对植株叶片的影响

“玉米-大豆”带状复合种植模式下, 玉米收获

后, 待大豆生长至 R7 期第一天即喷施化学催熟剂。结果表明, 立收谷和克无踪喷施后第 2 天, 大豆叶片就大量开始卷曲、脱水; 至第 3 天, 100% 的叶片已卷曲(图 1); 到第 9 天, 超过 80% 的叶片已经脱落。而喷施乙烯利后, 大豆叶片迅速变黄, 但其叶片脱落的速度明显低于其他两种化学剂(图 1)。

在 R7 后期(第 7 天)喷施催熟剂时, 3 种不同种类的催熟剂对叶片的影响没有差异, 但在喷施后第 3 天叶片基本全部脱落。

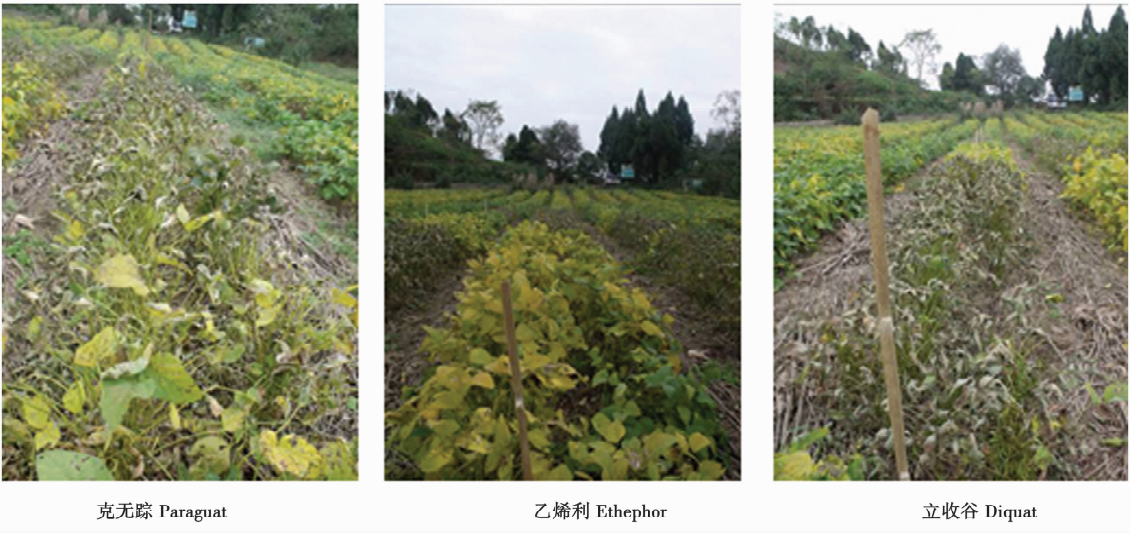


图 1 R7 期第一天喷施后第 3 天的植株形态
Fig. 1 The morphological of soybean after three days sprayed by chemicals

2.2 催熟剂对各器官含水量的影响

2.2.1 籽粒含水量变化 植株各器官的含水量是衡量机收是否适宜的重要标准, 普遍认为, 当植株尤其是籽粒含水量降至 20%, 则适宜机收^[13]。化学催熟剂可使大豆完熟期提前, 籽粒含水量快速下降, 这是机收脱粒的重要指标, 也是衡量催熟剂功效的主要指标之一。结果表明, 相对于对照, 在 R7 前期和后期喷施, 3 种催熟剂均促使籽粒含水量迅速下降。从脱水速度来看, A1 处理(R7 前期)以立收谷最快, 仅需要 9 d 籽粒含水量即降至 20% 以下, 比对照提前了 9 d; 而另外两种催熟剂需要 12 d 降至 20%, 比对照提前 6 d(图 2)。

A2 处理(R7 期后期)相比对照而言, 3 种催熟剂依然表现出促进籽粒含水量降低的功能, 但三者之间没有明显差异, 籽粒含水量均在第 16 天降至 20% 以下(图 3)。此外, 在 R7 前期使用可较早收获大豆, 不会影响下一季作物小麦的播种。因此, 在 R7 前期喷施化学催熟剂, 籽粒脱水效果优于在 R7 期后期使用。

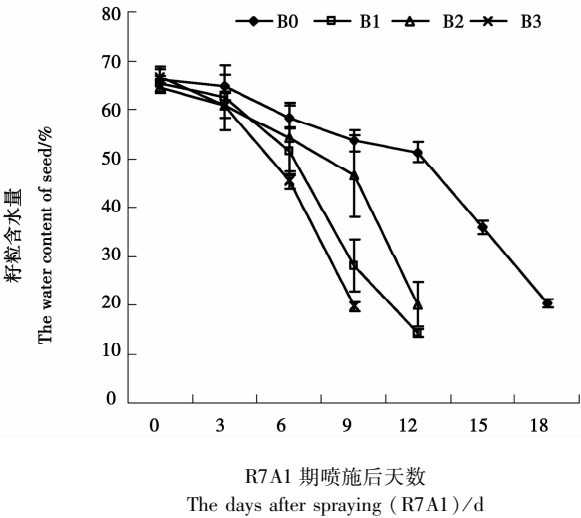


图 2 R7 期第 1 天喷施后籽粒含水量(R7A1)
Fig. 2 The seed water content after spraying at the first day at R7 (R7A1)

2.2.2 茎秆含水量变化 由图 4 和图 5 可以看出, 在成熟期内大豆茎秆的含水量呈下降趋势, 且化学催熟可加速茎秆含水量的降低, 但不同的催熟剂和

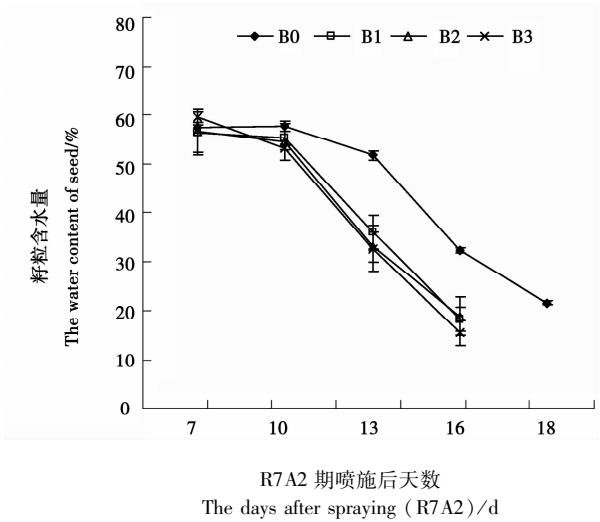


图3 R7 期第 7 天喷施后籽粒含水量 (R7A2)

Fig. 3 The seed water content after spraying at the seventh day at R7 (R7A2)

催熟时间对茎秆含水量变化趋势的影响不同。R7 初期(R7A1)催熟后第 9 天,立收谷催熟的茎秆含水量为 59.41%,降幅最大(比对照低 14%);克无踪催熟的茎秆含水量降幅次之,为 65.58%;乙烯利催熟的茎秆脱水效果最差,其含水量为 71.93%,与对照基本持平(图 4)。而在 R7 后期(R7A2)喷施时,在第 16 天,经立收谷催熟处理的茎秆含水量为 44.77%,比对照低 27%,降幅最大;乙烯利和克无踪催熟处理后茎秆脱水效果都较差,略低于对照。可见,不同时期催熟均以立收谷对茎秆的脱水效果最为明显,且 R7 初期使用催熟剂效果更明显。

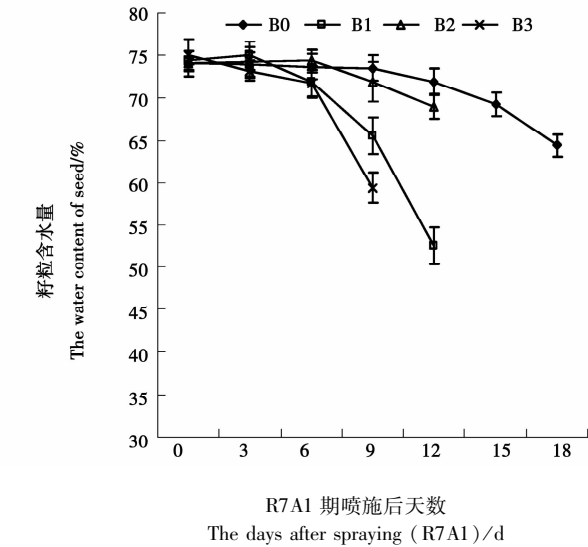


图4 R7 期第 1 天喷施后茎秆含水量 (R7A1)

Fig. 4 The stem water content after spraying at the first day at R7 (R7A1)

2.2.3 荚皮含水量变化 在大豆机收过程中,荚皮含水量也是重要的一个参数。研究结果表明,荚

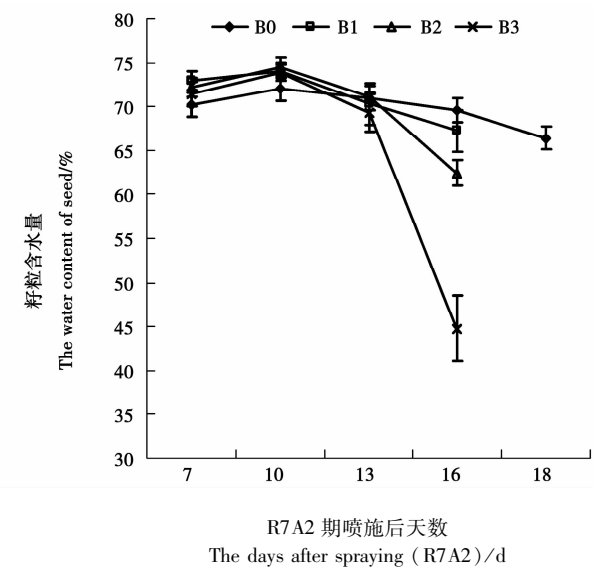


图5 R7 期第 7 天喷施后茎秆含水量 (R7A2)

Fig. 5 The stem water content after spraying at the seventh day at R7 (R7A2)

皮含水量在大豆成熟初期便迅速下降,自然状态下含水量从高于 70% 降至低于 20% 仅耗时 9 d(图 6)。化学催熟处理后,荚皮脱水速度明显加快。使用时间不同,催熟剂对荚皮含水量的影响存在差异;R7 初期(R7A1)喷施时,3 种催熟剂对荚皮含水量变化的影响存在着显著差异,其中以立收谷的效果最为明显(喷施第 9 天比对照低 47.06%),克无踪催熟效果次之,乙烯利催熟效果再次(图 6)。但当在 R7 后期(R7A2)喷施时,不同类型催熟剂对荚皮含水量降速无显著差异,但总体速度依然比对照要快。因此,就催熟效果而言,在 R7 初期就使用催熟剂对荚皮的脱水效果较好。

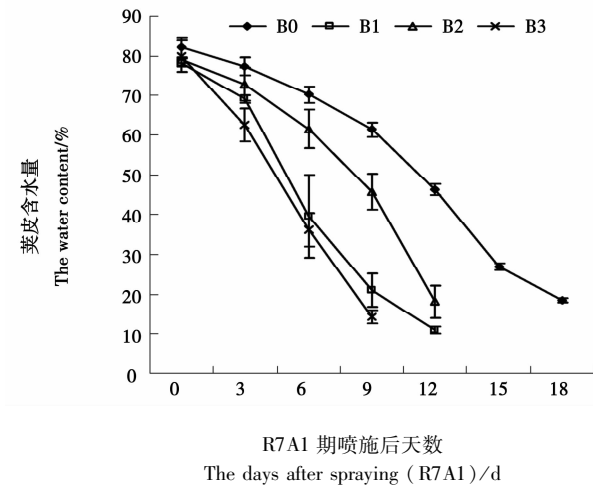


图6 R7 期第 1 天喷施后荚皮含水量 (R7A1)

Fig. 6 The seed pod water content after spraying at the first day at R7 (R7A1)

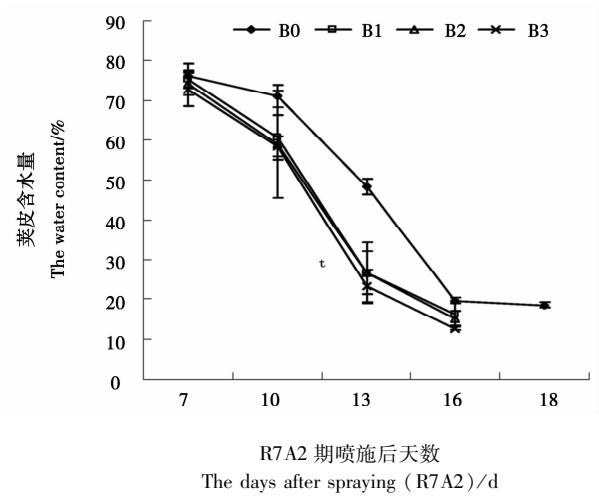


图 7 R7 期第 7 天喷施后荚皮含水量 (R7A2)
Fig. 7 The seed pod water content after spraying at the seventh day at R7 (R7A2)

2.3 催熟剂对粒重的影响

化学催熟剂促进植物衰老,促进其脱水干燥,可能影响了植物内部的生理状态,因此,进一步研究了它们是否影响套作大豆的产量。分析了不同处理的百粒重和平均单粒重,结果发现,3 种催熟剂对大豆的这两种产量因素都有不同程度的影响,且使用时间越早则影响越大(表 1)。在 R7 早期(R7A1)喷施后,百粒重和单粒重均有所降低,其中以立收谷和克无踪的下降幅度最大,而乙烯利的影响较小。而在 R7 后期(R7A2)喷施后,3 种催熟剂对产量构成因素影响较小,且三者之间无明显差异(表 1)。

2.4 催熟剂对大豆品质因素的影响

分析催熟剂对大豆品质因素的影响,结果表明,各处理间的大豆蛋白质和油分的相对含量差异不显著,且各处理之间平均蛋白质与油分含量之和的极差仅为 0.83%(表 2),表明这几种催熟剂对大豆籽粒品质并无较大影响。

表 1 催熟处理下的大豆产量构成因素

Table 1 The effect chemicals on soybean yield component in different treatments

处理 Treatment	百粒重 100-seed weight/g	平均单粒重 Weight per seed/g	分布范围 Distribution range/%		
			≤0.149 9 g	0.150 0 ~0.259 9 g	≥0.260 0 g
A1B0	22.50 aA	0.2241 aA	4	78	18
A1B1	18.45 deE	0.1848 eE	14	86	0
A1B2	20.37 cABCD	0.2043 cC	10	84	6
A1B3	17.18 eE	0.1721 fF	22	78	0
A2B0	22.45 abAB	0.2218 aA	4	80	16
A2B1	20.29 cBCD	0.2024 cC	0	100	0
A2B2	20.93 bcABC	0.2093 bB	4	92	4
A2B3	19.53 cdCD	0.1962 dD	8	90	2

不同大小写字母数值分别表示差异达 0.01 和 0.05 显著水平。下同。
Values followed by different capital and lower case letters are significantly different at the 0.01 and 0.05 probability level, respectively. The same below.

表 2 催熟处理对籽粒品质的影响

Table 2 The effect chemicals on soybean seed quality in different treatments

处理 Treatment	蛋白质含量 Protein content/%	油分含量 Oil content/%	蛋白质含量 + 油分含量 The sum of protein and oil/%
A1B0	49.23 a	19.10 a	68.33 a
A1B1	48.57 a	19.67 a	68.24 a
A1B2	48.50 a	19.33 a	67.83 a
A1B3	49.20 a	19.30 a	68.50 a
A2B0	49.20 a	19.47 a	68.67 a
A2B1	49.27 a	19.40 a	68.67 a
A2B2	49.17 a	19.43 a	68.60 a
A2B3	49.23 a	19.27 a	68.50 a

2.5 催熟剂对大豆籽粒自然损失的影响

由表 3 可知,不同催熟剂类型、不同时期催熟处理下,大豆自然损失无显著差异,说明这几种催熟剂不会增加大豆的自然损失。

表 3 催熟处理下的籽粒自然损失

Table 3 The effect chemicals on natural loss in different treatments(g · m ⁻²)					
处理 Treatment	B0	B1	B2	B3	平均 Average
A1	1. 19	1. 16	1. 25	1. 03	1. 16 a
A2	1. 15	1. 13	1. 31	1. 20	1. 20 a
平均 Average	1. 17 a	1. 15 a	1. 28 a	1. 11 a	

3 结论与讨论

在我国南方,由于气候和种植模式等的影响,大豆的收获时间年际间差异较大,较难掌握;尤其是受秋绵雨的影响,不仅会延迟大豆的收获时间,进而影响下季的小麦播种,还极易导致大豆在田间发生霉变,于农业生产不利^[14-16]。而使用化学药剂对大豆进行调控,可精确调控成熟时间,有利于避免不利气候的影响,还可提高大豆的机收性能,且不影响大豆产量和品质,是调节作物收获时间的有效手段。研究表明,适宜机械化作业的高产、优质大豆品种应当是株高适中、亚有限或有限结荚习性、主茎型、分枝收敛、且成熟后各器官易脱水干枯^[17]。本文选取的大豆品种南豆 12,属于半矮秆,亚有限结荚习性,株型收敛,是南方玉米-大豆带状复合种植技术中的主推品种,推广面积大,具有代表性^[2]。对这 3 种化学催熟剂对套作大豆的植株形态影响研究表明,立收谷和克无踪对于促进植株脱叶具有非常明显的作用。

刘铮翔等^[5]研究指出,茎秆含水量的降低,使得收割、脱粒较容易,能有效降低收割机的作业负荷,使整机作业较轻松,从而提高效率,减少燃油能耗。本研究发现,化学催熟剂处理后,茎秆、荚皮、籽粒的含水量迅速降低,有利于机械脱粒。3 种催熟剂中,以立收谷和克无踪的效果较为明显,尤其是在 R7 早期开始使用催熟剂。因此,生产中准确判断作物收获的时间,从而在恰当的时间使用催熟剂,是实现高产、稳产、优质、高效的有效措施。

前人研究表明^[18-20],在大豆蛋白质和脂肪的整个积累过程中,蛋白质和脂肪的绝对含量与子粒重积累趋势基本一致,总体上都呈缓慢的上升趋势;但在大豆完全成熟后若不及时收获,则籽粒、油分和蛋白质的产量明显下降,影响商品等级,降低经

济效益。本研究发现,籽粒含水量从 57. 03% 降至 17. 73% 的同时,百粒重则从 17. 62 g 增加至 20. 91g;从催熟剂处理后第 6 天开始,百粒重虽有增加但差异已不显著。因此,机械收获应当选在 R7 期后 15 ~ 18 d 进行,此时百粒重趋于稳定、且籽粒含水量低于 25%、植株叶片全部脱落、豆荚全部变为棕褐色。而过早收获不仅影响机收质量,还会影响产量和质量,影响大豆生产效益。

本研究中,乙烯利催熟对大豆百粒重的有负面影响,R7 初期和 R7 后期使用催熟剂,其百粒重与对照相比分别降低 9. 48% 和 6. 79%,这与前人在诸多作物上应用乙烯利催熟时会有增产作用的研究结果不同^[21-22]。其可能是以下原因造成的:第一,乙烯利作用下大豆叶片迅速死亡、脱落,影响了营养物质从源向库的转移;第二,乙烯利未在最佳的作用时间催熟;第三,厂家推荐的乙烯利药剂浓度可能与大豆不匹配。化学催熟是一个非常复杂的问题,不同催熟剂、不同用药浓度和不同的催熟时期都会对作物的产量、品质、收获时间产生较大的影响。因此,生产上要以大豆产量不降低为前提,研究催熟剂的复配或混用模式,严格控制催熟剂的浓度和催熟时期,寻找一种既能人为调节收获时间、增加植株机械收获性能的催熟方式,又不影响大豆产量和品质,这对带状套作大豆模式实现规模化、产业化具有重要意义。

参考文献

[1] 杨文钰,雍太文,任万军,等. 发展套作大豆,振兴大豆产业[J]. 大豆科学,2008(27)1:1-7. (Yang W Y, Yong T W, Ren W J, et al. Develop relay-planting soybean, revitalize soybean industry[J]. Soybean Science,2008(27)1:1-7.)

[2] 刘卫国,邹俊林,袁晋,等. 套作大豆农艺性状研究[J]. 中国油料作物学报, 2014, 36(2): 219-223. (Liu W G, Zou J L, Yuan J, et al. Research on the agronomic traits of relay cropping soybean[J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2014, 36(2): 219-223.)

[3] 谢红岭. 农业机械对农业增产和农民增收的影响研究[J]. 广东农业科学,2013(5):224-226. (Xie H L. Research of agricultural machinery on increasing agricultural production and farmers' income[J]. Guangdong Agricultural Sciences, 2013(5): 224-226.)

[4] 钟江,张宪. 农业机械化的现状及发展趋势[J]. 湖北农业科学,2011,50(10):1945-1947. (Zhong J, Zhang X. Development trends and present situations of agricultural mechanization[J]. Hubei Agricultural Sciences,2011,50(10):1945-1947.)

[5] 刘铮翔,官春云. 作物化学催熟研究进展[J]. 作物研究, 2007,21(5):489-492. (Liu Z X, Guan C Y. Advances in the study of chemical ripeners on crops [J]. Crops,2007,21(5):

489-492.)

[6] 田晓莉,李召虎,段留生,等. 作物化学控制的研究进展及前景[J]. 中国农业科技导报,2004,6(5):11-15. (Tian X L, Li Z H, Duan L S, et al. Progress and prospect of crop chemical control technology [J]. Review of China Agricultural Science and Technology,2004,6(5):11-15.)

[7] Suttle J C. Involvement of ethylene in the action of the cotton defoliant thidiazuron[J]. Plant Physiology,1985,78(2):272-276.

[8] 刘京涛,刘炳强,吴振美,等. 立收谷水剂催熟对小麦机械收割效果的影响[J]. 作物杂志,2006(3):53. (Liu J T, Liu B Q, Wu Z M, et al. The effect of diquat on wheat mechanical harvesting[J]. Crops,2006(3):53.)

[9] 孔妤,王忠,顾蕴洁,等. 乙烯利诱导水稻根内通气组织形成的研究[J]. 中国水稻科学,2009,23(1):65-70. (Kong Y, Wang Z, Gu Y J, et al. Induction of ethephon on aerenchyma formation in rice roots[J]. Chinese Journal of Rice Science,2009,23(1):65-70.)

[10] 周可金,官春云,肖文娜,等. 催熟剂对油菜角果光合特性、品质及产量的影响[J]. 作物学报,2009,35(7):1369-1373. (Zhou K J, Guan C Y, Xiao W N, et al. Effects of chemical ripeners on photosynthetic characteristics of pods and rapeseed quality and yield [J]. Acta Agronomica Sinica, 2009, 35 (7): 1369-1373.)

[11] 范连益,李小芳,惠荣奎,等. 草甘膦在油菜催熟中的应用研究[J]. 湖南农业科学 2013,(17):87-91. (Fan L Y, Li X F, Hui R K, et al. Application of glyphosate in ripening of rape[J]. Hunan Agricultural Sciences, 2013(17):87-91.)

[12] 崔文馥. 植物生长调节剂在大豆上的应用[J]. 中国油料作物学报,1989(3):76-79. (Cui W F. Application of plant growth regulator on soybean[J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 1989(3):76-79.)

[13] Mesquita C, Hanna M. Physical and mechanical properties of soybean crops [J]. Transactions of the ASAE, 1995, 38 (6): 1655-1658.

[14] 韩小贤,赵亚娟,郭卫,等. 霉变小麦品质评价数学模型的建立[J]. 中国粮油学报, 2013,28(6):10-14. (Han X X, Zhao Y J, Guo W, et al. Establishment of mathematical model for eval-

uating mildew wheat quality [J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2013,28(6):10-14.)

[15] 刘玉兰. 霉变大豆对毛油质量及精炼效果的影响[J]. 中国粮油学报,2005,(4):82-84. (Liu Y L. The Influence of mildew soybean on crude oil quality and oil refining effect[J]. Chinese Cereals and Oils Association,2005,(4):82-84.)

[16] 杨建国,金晓华. 小麦籽粒霉变情况调查与分析[J]. 中国农业大学学报,1998,3:118. (Yang J G, Jin X H. Investigation of wheat kernel mold[J]. Journal of China Agricultural University, 1998,3:118.)

[17] 周蓉,王贤智,张晓娟,等. 大豆种质倒伏抗性评价方法研究[J]. 大豆科学,2007,26(4):484-489. (Zhou R, Wang X Z, Zhang X J, et al. Evaluation method of lodging resistance in soybean germplasm[J]. Soybean Science,2007,26(4):484-489.)

[18] 辛大伟,陈庆山,单继勋,等. 不同大豆品种品质性状的动态积累[J]. 东北农业大学学报,2006,37(5):592-595. (Xin D W, Chen Q S, Shan J X, et al. Research on quality dynamic accumulation of different soybean varieties[J]. Journal of Northeast Agricultural University,2006,37(5):592-595.)

[19] 裴宇峰,栾怀海,刘春燕,等. 黑龙江省大豆蛋白质和油分含量与环境因素的相关分析[J]. 作物杂志,2013(2):37-41. (Pei Y F, Luan H H, Liu C Y, et al. Soybean protein content oil content environmental factor Partial Least Squares Regression[J]. Crops, 2013(2):37-41.)

[20] Philbrook B, Oplinger E. Soybean field losses as influenced by harvest delays[J]. Agronomy Journal, 1989,81(2):251-258.

[21] 李润根,黄艳. 乙烯利浸种对不同品种生姜生长及产量的影响[J]. 湖北农业科学, 2010,49(6):1396-1400. (Li R G, Huang Y. Effect of ethephon seed soaking on the growth and output of different variety zingiber officinale[J]. Hubei Agricultural Sciences,2010,49(6):1396-1400.)

[22] 蔡永旺,张英华,周顺利,等. 利用乙烯利塑造夏玉米凹形冠层对产量及其相关性状的影响[J]. 玉米科学,2010,18(3):90-94. (Cai Y W, Zhang Y H, Zhou S L, et al. Effects of concave canopy structure shaped with ethephon on yield and its correlated characters in summer maize[J]. Journal of Maize Sciences, 2010,18(3):90-94.)