

干旱胁迫下不同品种大豆籽粒发育期蛋白质含量积累的研究

吕新云, 赵晶云, 任小俊, 马俊奎* (山西农业大学经济作物研究所, 山西汾阳 032200)

摘要 [目的]探索干旱胁迫下不同耐旱大豆品种籽粒发育期蛋白质合成与积累的规律。[方法]以耐旱品种晋豆 21 与敏感品种潍科 46 为试验材料, 利用集水槽设置干旱胁迫, 研究两者在不同处理后, 大豆籽粒蛋白质含量的积累规律并评价了相关农艺性状。[结果]晋豆 21 与潍科 46 的 4 个农艺性状(包括株高、主茎节数、有效分枝数和单株荚粒重)的变异系数介于 6.08%~46.75%, 其中晋豆 21 的株高变异系数最小, 潍科 46 的有效分枝数变异系数最大, 晋豆 21 的农艺性状指标受干旱影响较小。潍科 46 在不同处理下含水量变化不同, 但晋豆 21 则表现出基本一致的变化。与正常情况相比, 晋豆 21 干旱处理后蛋白质含量积累规律基本一致, 都表现为先增加后减少至趋于稳定, 基本呈凹形曲线分布; 潍科 46 则存在明显差异, 干旱处理条件下, 籽粒蛋白质含量峰值比正常浇灌晚 20 d。[结论]晋豆 21 抗旱性强, 其蛋白质合成与积累受干旱胁迫制约相对较小, 可作为创新选育优良抗旱品种的亲本。

关键词 大豆; 干旱; 籽粒发育期; 蛋白质; 积累

中图分类号 S565.1 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2021)05-0050-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2021.05.013

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Study on the Accumulation of Protein Content of Different Soybean Varieties during Grain Development Period under Drought Stress
LÜ Xin-yun, ZHAO Jing-yun, REN Xiao-jun et al (Institute of the Industrial Crop, Shanxi Agricultural University, Fenyang, Shanxi 032200)

Abstract [Objective] To explore the laws of protein synthesis and accumulation during grain development of different drought tolerance soybean varieties under drought stress. [Method] The drought-tolerant variety Jindou 21 and the sensitive variety Suike 46 were used as test materials, and the water collecting trough was used to set up drought stress, and the accumulation rules of soybean grain protein content after different treatments were studied and related agronomic traits were evaluated. [Result] The coefficient of variation of 4 agronomic traits (including plant height, number of main stem nodes, number of effective branches, and pod weight per plant) of Jindou 21 and Suike 46 was between 6.08% and 46.75%, among which Jindou 21 had the smallest coefficient of variation in plant height, and the effective branch number of Suike 46 had the largest variation coefficient. The agronomic traits of Jindou 21 were less affected by drought. The water content of Suike 46 changed differently under different treatments, but Jindou 21 showed basically the same changes. Compared with the normal condition, the accumulation of protein content of Jindou 21 showed a basically consistent change after drought treatment, which first increased and then decreased to stable, basically showing a concave curve distribution; while Suike 46 had obvious difference, and the peak value of grain protein content under drought treatment was 20 days later than that under normal irrigation. [Conclusion] Jindou 21 has strong drought resistance, and its protein synthesis and accumulation are relatively less restricted by drought stress, so it can be used as a parent for innovative breeding of drought resistant varieties.

Key words Soybean; Drought; Grain development period; Protein; Accumulation

干旱是限制作物生长发育的主要环境因子, 对农作物产量的影响相当于其他不利因子的总和, 为此, 创新、筛选、培育优良的抗旱品种, 提高作物自身的耐旱力, 已经是旱作农业发展的理性选择和战略举措^[1]。大豆作为重要的粮油作物被广泛种植, 是人类食用和动物养殖的主要植物蛋白来源^[2]。国内外研究表明, 与其他作物相比, 大豆根系不发达, 生长需水量高, 是对水分敏感的作物。干旱胁迫不仅导致大豆生理、生化各项指标发生相应变化, 也使植株表型指标产生显著差异^[3]。其中, 郭数进等^[4]以晋大 70(抗旱型)和晋豆 26(敏感型)2 个品种为材料设置水分梯度, 研究发现, 干旱胁迫下大豆的光合作用强度受到影响, 表现为光合能力下降。赵立琴^[5]于 2011—2013 年采用 PEG600 营养液浇灌不同时期的大豆植株模拟干旱胁迫, 研究结果表明干旱胁迫对大豆干物质积累有较大的影响。乔亚科等^[6]以野生、半野生和栽培大豆为供试材料进行研究, 结果表明干旱胁迫下大豆

的相关农艺性状受到影响, 主要表现在株高、主茎节数、分枝数、单株荚数和百粒重上。杨婷婷等^[7]于 2018 年以 150 份大豆种质资源为研究对象, 进行了抗旱性的田间试验, 结果表明干旱胁迫严重影响了大豆的生长发育, 其中株高、茎段数、单株荚数、单株生物量、单株粒数和单株种子量等 6 个指标与干旱系数呈显著正相关。

随着世界人口的不断增长和人们生活水平的不断提高, 优质植物蛋白的需求量也随之增加。大豆是一种功能性的经济作物, 大豆产业已经成为一项重要的产业^[8]。大豆蛋白的相关科学与技术研究具有重要意义。张代军等^[9]以 3 代高油大豆品种进行试验, 发现大豆蛋白质的形成与脂肪的形成息息相关, 在脂肪形成不利的年份, 蛋白质形成有所上升; 在有利于形成脂肪的年份, 大豆蛋白质含量积累呈现凹形曲线分布。张志民等^[10]认为, 大豆蛋白质含量是一个数量性状, 而且以加性效应为主, 并存在母体效应, 干旱是大豆籽粒蛋白积累的重要影响因素, 并且干旱的强度直接影响蛋白质的含量。目前, 关于干旱胁迫对大豆籽粒发育期蛋白质含量积累的影响尚无统一认识。该试验以耐旱品种晋豆 21 和敏感品种潍科 46 为试验材料, 通过凯氏定氮法^[11-13]对 2 个试验材料籽粒不同发育时期的蛋白质含量进行测定, 分析整理得到干旱胁迫下不同耐旱品种大豆籽粒发育时期蛋白质含

基金项目 国家重点研发计划项目子课题(2016YFD0100201-11); 山西省农业科学院应用基础研究计划项目农业科技创新研究优秀青年基金课题(YCX2020YQ62)。

作者简介 吕新云(1990—), 女, 山西汾阳人, 研究实习员, 硕士, 从事大豆遗传育种研究。*通信作者, 研究员, 从事大豆耐逆新品种选育研究。

收稿日期 2020-06-22; **修回日期** 2020-09-29

量的积累规律,对选育适宜半干旱和干旱地区种植的优质抗旱大豆品种具有积极意义,也为干旱胁迫下研究大豆籽粒蛋白质的合成与积累提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料 晋豆 21 由山西省农业科学院经济作物研究所选育,由集水槽法鉴定抗旱级数为一级,为公认的耐旱品种。潍科 46 为黄淮海地区大豆品系多点鉴定供试材料,经集水槽法鉴定抗旱级数为五级,属敏感品种。

1.2 试验设计 试验于 2019 年在山西省农业科学院经济作物研究所试验基地进行,将 2 个品种分别进行水处理和旱处理。同一块试验地分区种植,中间设置 4.5 m 隔离带,行间 50 cm,并放置 25 cm PVC 集水槽^[14],通过收集大豆生长期间的自然降水设置干旱胁迫。水处理即正常灌溉,在同等土壤条件下,遇旱浇水,确保田间生长不干旱。供试品种单行种植,保证顺利出苗,每个处理 3 次重复。从大豆开花开始挂牌,记为开花后 0 d^[15],之后,每隔 10 d,取下角果,放入 EP 管中置于液氮罐内带回实验室检测。

1.3 测定指标与方法

1.3.1 农艺性状分析。根据邱丽娟等^[16]的规范标准,供试

植株结荚成熟后,每个处理随机选取 5 株进行室内考种,包含株高、主茎节数、有效分枝数和单株荚粒重等农艺性状,分析供试材料基本的形态建成情况。

1.3.2 含水量测定。利用样品鲜重与干重计算样品绝对含水量,样品含水量=(鲜重-干重)/鲜重×100%。干重是将样品置于烘烤箱 65 ℃ 恒温烘至重量不再变化时的重量。

1.3.3 蛋白质含量测定及数据处理。由凯氏定氮法测定样品中的蛋白质含量,通过整理分析数据,得到不同处理下晋豆 21 与潍科 46 的蛋白质含量。

2 结果与分析

2.1 干旱胁迫对成熟期不同品种大豆农艺性状的影响 表 1 表明,晋豆 21 和潍科 46 在集水槽设置的干旱处理与正常灌溉水处理下的变异系数为 6.08%~46.75%,其中晋豆 21 的株高变异系数最小(旱处理为 6.67%、水处理为 6.08%),潍科 46 的有效分枝数变异系数最大(旱处理为 40.63%、水处理为 46.75%)。干旱条件下大豆的农艺性状发生了很大的变化,但与潍科 46 相比,晋豆 21 在不同处理下株高变化不大,单株荚重受干旱影响甚小,说明晋豆 21 的生长能力受干旱胁迫限制小,具有较强的应旱力。

表 1 晋豆 21 和潍科 46 不同处理下的 4 个农艺性状统计分析
Table 1 Statistical analysis of four agronomic characters of Jindou 21 and Suike 46 under different treatments

品种 Variety	指标 Index	最大值 Maximum value		最小值 Minimum value		极差 Range		均值 Mean value		标准差 Standard deviation		变异系数 Coefficient of variation/%	
		旱处理 Drought treat- ment	水处理 Water treat- ment	旱处理 Drought treat- ment	水处理 Water treat- ment	旱处理 Drought treat- ment	水处理 Water treat- ment	旱处理 Drought treat- ment	水处理 Water treat- ment	旱处理 Drought treat- ment	水处理 Water treat- ment	旱处理 Drought treat- ment	水处理 Water treat- ment
		旱处理 Drought treat- ment	水处理 Water treat- ment	旱处理 Drought treat- ment	水处理 Water treat- ment	旱处理 Drought treat- ment	水处理 Water treat- ment	旱处理 Drought treat- ment	水处理 Water treat- ment	旱处理 Drought treat- ment	水处理 Water treat- ment	旱处理 Drought treat- ment	水处理 Water treat- ment
晋豆 21	株高//cm	147	158	124	136	23	22	137.2	144.8	9.15	8.81	6.67	6.08
Jindou 21	主茎节数	30	32	18	16	12	16	24.0	26.6	6.12	4.64	25.50	17.44
	有效分枝数	6	5	2	3	4	2	3.6	3.8	1.52	0.84	42.22	22.11
	单株荚粒重//g	140	151	89	103	51	48	126.2	126.6	21.20	17.42	16.80	13.76
潍科 46	株高//cm	108	123	71	96	37	27	89.5	106.4	13.32	11.63	14.88	10.93
Suike 46	主茎节数	26	30	13	21	13	9	17.6	21.2	5.22	5.63	29.66	26.56
	有效分枝数	5	7	2	2	3	5	3.2	4.0	1.30	1.87	40.63	46.75
	单株荚粒重//g	7	145	61	98	69	38	107.2	121.4	27.20	17.18	25.37	14.39

2.2 干旱胁迫对不同品种大豆籽粒发育期含水量的影响

由表 2 可知,与正常灌溉相比,干旱胁迫严重影响了晋豆 21 与潍科 46 大豆籽粒发育过程中的含水量变化。其中,潍科 46 籽粒含水量受干旱影响强度更大。干旱条件下,潍科 46 的含水量峰值晚于正常条件,出现在开花后 30 d,后期含水量下降速率缓慢。晋豆 21 表现为花后 20 d 2 个处理下的籽粒含水量均急剧下降,说明在开花后 0~20 d 期间,晋豆 21 籽粒体积增长较快,各种生理生化反应消耗了大量水分;而开花后 30~50 d 籽粒含水量下降速度缓慢;开花后 50~60 d 旱处理下的籽粒含水量反增,这可能与进入成熟期种子减少失水应对干旱有关;之后籽粒含水量下降,以达到种子储存标准。

2.3 干旱胁迫对不同品种大豆籽粒发育期蛋白质含量的影响 利用凯氏定氮法对不同处理下开花后 0~80 d 的晋豆 21

与开花后 0~70 d 的潍科 46 籽粒进行蛋白质含量检测,得到了 2 个处理下大豆籽粒不同发育时期的样品蛋白质含量(表 3)。

表 3 表明,干旱胁迫不同程度地影响了两者的蛋白质合成与积累。旱处理下晋豆 21 籽粒蛋白质含量明显低于正常浇灌,但变化趋势与正常浇灌基本保持一致,均大致呈凹型曲线分布。在开花后 0~30 d,2 个处理大豆籽粒蛋白质含量均上升,但旱处理后的大豆籽粒蛋白质含量上升速率较快,在这个时期大豆种子完成形态建成,籽粒体积不断增大,内部合成与代谢相关的蛋白质。开花后 30~60 d,大豆籽粒蛋白质含量均先减少后缓慢增加,这个时期为大豆种子灌浆期,结构蛋白合成减少,大量合成贮藏蛋白。开花后 60~80 d,大豆籽粒大量脱水,体积明显缩小,进入成熟期,大豆籽粒蛋白质含量则缓慢增加趋于稳定。

表 2 不同处理下晋豆 21 与潍科 46 籽粒含水量数据

Table 2 The grain moisture content data of Jindou 21 and Suike 46 under different treatments

开花后天数 Days after flowering	晋豆 21 Jindou 21				潍科 46 Suike 46			
	含水量 Water content//%		标准差 Standard deviation		含水量 Water content//%		标准差 Standard deviation	
	旱处理 Drought treatment	水处理 Water treatment	旱处理 Drought treatment	水处理 Water treatment	旱处理 Drought treatment	水处理 Water treatment	旱处理 Drought treatment	水处理 Water treatment
0	78.13	85.08	0.000 0	0.010 0	59.12	73.57	0.000 0	0.000 0
10	75.41	81.92	0.030 0	0.010 0	60.81	77.82	0.030 0	0.000 0
20	49.18	56.09	0.000 0	0.020 0	62.35	82.17	0.020 0	0.020 0
30	70.52	82.51	0.020 0	0.030 0	73.15	76.81	0.005 0	0.003 0
40	53.11	67.54	0.030 0	0.010 0	47.84	70.52	0.007 0	0.005 0
50	50.87	66.89	0.020 0	0.007 0	44.31	60.55	0.010 0	0.005 0
60	57.88	59.68	0.010 0	0.030 0	33.82	38.57	0.020 0	0.008 0
70	30.18	35.74	0.010 0	0.004 0	10.18	15.34	0.040 0	0.010 0
80	30.74	14.13	0.040 0	0.000 0				

表 3 不同处理下晋豆 21 与潍科 46 籽粒蛋白质含量数据

Table 3 The grain protein content data of Jindou 21 and Suike 46 under different treatments

开花后天数 Days after flowering	晋豆 21 Jindou 21				潍科 46 Suike 46			
	蛋白质含量 Protein content//%		标准差 Standard deviation		蛋白质含量 Protein content//%		标准差 Standard deviation	
	旱处理 Drought treatment	水处理 Water treatment	旱处理 Drought treatment	水处理 Water treatment	旱处理 Drought treatment	水处理 Water treatment	旱处理 Drought treatment	水处理 Water treatment
0	19.32	24.56	0.002 0	0.009 0	29.46	26.01	0.004 0	0.002 8
10	28.17	35.12	0.004 0	0.004 0	20.27	33.27	0.003 5	0.013 5
20	34.18	37.21	0.006 0	0.007 0	31.44	42.15	0.014 8	0.001 8
30	35.91	39.17	0.010 0	0.003 0	35.67	36.63	0.002 1	0.013 7
40	30.18	36.21	0.007 0	0.011 0	37.55	35.99	0.001 7	0.004 1
50	34.88	36.59	0.020 0	0.003 4	29.75	36.74	0.002 3	0.012 6
60	36.72	37.88	0.010 0	0.004 7	31.64	37.89	0.004 9	0.003 3
70	38.27	39.41	0.000 0	0.001 0	32.84	37.96	0.003 2	0.002 9
80	38.90	39.89	0.005 0	0.003 0				

注: $F=5.71$, F 为转化系数

Note: $F=5.71$, F is the conversion coefficient

潍科 46 在不同处理下大豆籽粒蛋白质含量变化存在明显差异。水处理条件下,大豆籽粒蛋白质含量在开花后 0~20 d 迅速增加,后减少,再趋于稳定。干旱条件下,潍科 46 籽粒蛋白质含量在前期(开花后 0~10 d)出现下降,后期缓慢增加,最后趋于稳定;同时,大豆籽粒蛋白质含量在开花后 40 d 达到峰值,晚于正常浇灌 20 d,说明减少水分的供应可能利于蛋白质的合成,而晋豆 21 并未表现出此现象,反映晋豆 21 对干旱胁迫敏感度低,干旱处理后其大豆籽粒蛋白质含量变化仍与正常情况相对应。

3 结论

大豆籽粒蛋白质的合成与积累是多个基因共同表达与调控的结果,也受多种因素的影响。正常生长状态下,大豆籽粒蛋白质含量表现出先增加后趋于稳定的变化趋势,大致呈凹型曲线分布。不同品种面临干旱胁迫时,大豆籽粒蛋白质含量发生了不同的变化。敏感品种潍科 46 在干旱条件下,成熟期大豆农艺性状指标受到严重影响,大豆籽粒含水量与蛋白质含量变化与正常浇灌存在明显差异,在旱情发生

严重的情况下,需保证供水充足,以确保产量。耐旱品种晋豆 21 旱处理后,农艺性状变化不大,含水量变化基本相对应,籽粒蛋白质积累规律仍与正常情况基本一致,说明其具有较强的抗旱性,种子内部也具备相对完善的抗旱机制,可作为抗旱育种的优质种质资源。大豆抗旱性属于复杂的生物性状,受多个基因精细严谨调控。晋豆 21 的强抗旱性已得到认可,但其因种子细小,推广种植受到制约,应从基因表达水平上进一步研究其抗旱机制,为后期探究、筛选、创制新的优质抗旱品种提供基础。

参考文献

[1] 张永芳,钱肖娜,王润梅,等. 不同大豆材料的抗旱性鉴定及耐旱品种筛选[J]. 作物杂志,2019(5):41-45.
[2] LEI Z T,DAI X B,WATSON B S,et al. A legume specific protein database (LegProt) improves the number of identified peptides,confidence scores and overall protein identification success rates for legume proteomics[J]. Phytochemistry,2011,72(10):1020-1027.
[3] 刘艮舟,盖钧镒,马育华. 江淮下游大豆地方品种抗旱性鉴定的初步研究[J]. 南京农业大学学报,1989,12(1):15-21.

(下转第 55 页)

去雄技术、改良垂直剪颖剪药技术、不去雄授粉技术共3种杂交授粉方法对单倍体胚产生频率的影响,推荐采用改良垂直剪颖剪药技术;刘琨等^[9]比较了不同去雄方法的得胚率,推荐首选剪颖不去雄法。在实际操作中,采用剪颖不去雄法对授粉时机要求很高,必须在小麦自身开花前1~2 d授以玉米花粉,因此每天授粉前都要先取下杂交袋确认小花发育进程,因而增加了一道工序。

笔者通过多年的实践发现,常规去雄后5~7 d授粉仍能诱导产生单倍体,这与顾坚等^[5]的结论一致。他们认为授粉时,小花柱头发育越成熟,单倍体胚的诱导频率越高,因此在确保去雄成功的前提下,尽量推迟授粉有益于得胚率的提高。

该研究采用了“整穗+嫩龄剪药”法,不仅提高了去雄的效率,保留了去雄的彻底性,也得到了较高的得胚率,是一种理想的、可操作性强的、易推广的、简单高效的去雄方法,为实现小麦单倍体育种提供了有效的途径。

3.2 人工气候箱离体穗培养可有效提高单倍体胚频率和稳定性 小麦×玉米单倍体诱导技术中,在田间用玉米花粉逐个给麦穗授粉是一道耗时耗力的复杂工序。笔者从2016年起即采用杂交穗离体授粉与培养技术^[2,10],极大提高了授粉效率,节约了人力物力。2016—2018年离体麦穗主要在温室大棚里进行离体培养,无法精确控制温度和湿度,得胚率不稳定,平均得胚率偏低;2019—2020年利用新购置的人工气候箱进行离体培养,得到了较好的试验效果。

陈新民等^[2]认为,小麦生长环境条件和生长状态是小麦与玉米杂交稳定获得高频率单倍体胚的重要因素。该研究采用离体授粉技术,极大提高了授粉效率,同时配套离体培养技术,使小麦生长环境达到人工可控条件,为提高小麦单倍体胚频率和稳定性提供了基础。

3.3 疫情下特殊气候带来的启示 该研究种植玉米品种为广甜糯1号,由于该品种生育期短、适应力强、耐低温、生长快、粉量大、诱导成功率高,因此可作为小麦授粉的主要玉米品种。

为了与大田正季播种的小麦植株实现花期同步,一般同年12月就要在大棚内播种玉米,次年4月初开花^[11]。近10年来的试验实践中,冬季大棚的玉米一直生长较弱,茎秆很细,而且经不起风雨,很容易倒伏。笔者采用改良土壤、提高

大棚温度、喷施矮壮素,均未能实现大棚玉米的健壮生长,每年大棚玉米的生长仅能维持小麦×玉米杂交所需要的花粉用量。

襄阳市农业科学院地处鄂北岗地(32°N,112°E),冬季日照时间短,阴天和雨雪天较多,日照强度远远低于玉米种植正季的夏秋季节。而在2020年疫情下,特殊的暖冬气候却带来意外的收获,冬行春令,晴好天气伴随较高温度,大棚中的玉米植株生长异常健壮,甚至出现了以前在冬季大棚中未曾见过的粗壮的支持根,株高显著降低,茎秆直径是往年的2倍,平均胚诱导率较往年大幅提高,达到25.8%。在其他试验条件不变的前提下,可以断定作为花粉供体的玉米植株生长状态和健壮程度是影响小麦单倍体胚诱导率的重要因素,而除了要达到一定的积温要求,充足的光照条件也是培育健壮玉米植株的必要条件。

为了减少冬季自然温光条件对大棚玉米花粉诱导效率的不利影响,在冬季大棚内种植玉米时,要保证棚内足够充足的光照强度,专用的LED植物生长灯下50 cm处至少要达到50 000 lx。在玉米生长正季时在大田种植玉米,获得的玉米植株最健壮,花粉活力也较高,对小麦植株单倍体胚的诱导效果更好,这种方法值得进一步研究探索。

参考文献

- [1] LAURIE D A, BENNETT M D. Wheat × maize hybridization[J]. Can J Genet Cytol, 1986, 28(2): 313-316.
- [2] 陈新民, 王凤菊, 李思敏, 等. 小麦与玉米杂交产生小麦单倍体与双单倍体的稳定性[J]. 作物学报, 2013, 39(12): 2247-2252.
- [3] 陈新民, 何中虎, 刘春来, 等. 利用小麦×玉米诱导单倍体技术育成小麦新品种中麦533[J]. 麦类作物学报, 2011, 31(3): 427-429.
- [4] 王霖, 郭新平, 孙雷明, 等. 太谷核不育基因对小麦与玉米杂交产生单倍体诱导频率的影响[J]. 安徽农业科学, 2006, 34(14): 3285-3286.
- [5] 顾坚, 田玉仙, 李绍祥, 等. 小麦小花穗位及发育进度对小麦×玉米单倍体胚诱导率的影响[J]. 麦类作物学报, 2005, 25(1): 30-32.
- [6] 刘莹, 赵翠琴, 王立峰, 等. 矮败小麦高效育种技术平台的研究[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(23): 13986-13987, 13990.
- [7] 李月华, 丁寿康, 贾继增, 等. 小麦剪药去雄套袋杂交技术[J]. 作物学报, 1992, 18(5): 387-390.
- [8] 陈新民, 李学渊, 陈孝, 等. 不同杂交技术对小麦×玉米产生单倍体的影响[J]. 作物学报, 1998, 24(6): 743-746.
- [9] 刘琨, 李绍祥, 李宏生, 等. 简化去雄方法对小麦×玉米杂交单倍体胚率的影响[J]. 西南农业学报, 2016, 29(1): 206-208.
- [10] 顾坚, 李绍祥, 刘琨, 等. 一种小麦玉米杂交诱导单倍体胚的麦穗离体培养方法: CN201410314779. 4[P]. 2014-10-08.
- [11] 刘莹, 凌冬, 陈科海, 等. 鄂北地区诱导小麦单倍体的温室大棚玉米品种选择与播期研究[J]. 湖北农业科学, 2019, 58(S2): 122-125.
- [12] 王章存, 姚惠源. 凯氏定氮法测定大米蛋白时蛋白系数的确定[J]. 食品科学, 2004, 25(1): 158-160.
- [13] 戴飞, 吴贝贝, 关敬媛, 等. 凯氏定氮法测定固体饮料中蛋白质含量的不确定度评定[J]. 安徽农业科学, 2017, 45(7): 76-78.
- [14] 马俊奎, 刘小荣, 周伟, 等. 集水槽法在大豆抗旱性鉴定中的应用研究[J]. 大豆科学, 2016, 35(5): 766-771.
- [15] HAJDUCH M, GANAPATHY A, STEIN J W, et al. A systematic proteomic study of seed filling in soybean. Establishment of high-resolution two-dimensional reference maps, expression profiles, and an interactive proteome database[J]. Plant physiology, 2005, 137(4): 1397-1419.
- [16] 邱丽娟, 常汝镇. 大豆种质资源描述规范和数据标准[M]. 北京: 中国农业出版社, 2006: 58-75.
- [4] 郭数进, 杨凯敏, 霍瑾, 等. 干旱胁迫对大豆鼓粒期叶片光合能力和根系生长的影响[J]. 应用生态学报, 2015, 26(5): 1419-1425.
- [5] 赵立琴. 干旱胁迫对大豆抗旱生理指标及产量和品质影响[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2014.
- [6] 乔亚科, 杨晓倩, 乔潇, 等. 大豆基于形态及生理指标的抗旱性评价及相关性分析[J]. 大豆科学, 2014, 33(5): 667-673.
- [7] 杨婷婷, 张海生, 古晓红, 等. 大豆抗旱种质资源筛选及利用[J]. 湖北农机化, 2019(12): 36-37.
- [8] 吕新云. GmLEC1 与 GmFUS3 在大豆种子发育过程中的表达及其与贮藏蛋白合成的关系[D]. 太谷: 山西农业大学, 2016.
- [9] 张代军, 周顺启, 梁怀海, 等. 高油大豆品种蛋白质和油份积累规律的研究[J]. 大豆科学, 2005, 24(4): 301-304.
- [10] 张志民, 周青, 郑丽敏, 等. 大豆蛋白质遗传和生育期间积累规律的研究进展[J]. 大豆科技, 2017(1): 36-39.

(上接第52页)