

РАЗВИТИЕ ПЛОДОВ И СЕМЯН У ЗЕРНОВЫХ БОБОВЫХ КУЛЬТУР

Г. Г. ГАТАУЛИНА, В. А. ПРИХОДЬКО

(Кафедра растениеводства)

При возделывании зернобобовых культур на семена большое значение имеет знание особенностей развития плодов и семян и влияния на этот процесс метеорологических факторов. Если зернообразование у хлебов изучено достаточно подробно [5, 6, 8], то аналогичных данных по зернобобовым культурам в литературе имеется пока мало.

Исследования плодообразования у гороха [4, 9] показали, что оно в основном соответствует схеме зернообразования, предложенной Н. Н. Кулешовым для зерновых культур [6]. Однако у белого люпина установлены существенные отклонения от этой схемы [1].

В наших опытах 1978—1980 гг. впервые проведено сравнительное изучение развития растений, формирования плодов и семян у гороха, сои и трех однолетних видов люпина в условиях северной части ЦЧО (Тамбовская область), определены границы, продолжительность отдельных периодов и показатели развития плодов [3].

В данной работе представлена часть результатов этих опытов, касающихся общих, а также отличительных признаков развития плодов и семян зернобобовых культур на отдельных этапах их развития, действия метеорологических факторов на плодообразование.

Материал и методика

Условия и методика проведения опыта подробно описаны в предшествующей статье [3], в которой указаны продолжительность периодов развития растений и основные показатели, характеризующие плодообразование у ряда зернобобовых культур. Дополнительно следует отметить, что у белого люпина динамика цветения, образования плодов, опадения цветков и плодов, абортивность семян определялись на этикетированных растениях. Элементы структуры урожая исследовались по пробным снопам из 25 растений, взятых перед уборкой с каждой делянки опыта.

Накопление массы плодов, семян и содержание в них влаги

В процессе развития плодов и семян у зернобобовых культур выделяется четыре периода: цветение и образование плодов (условно В, II), рост бобов (В, III), налив семян (В, IV) и созревание (С) [1, 3]. Культуры значительно различаются по продолжительности периодов. Сильное влияние на этот показатель оказывают также погодные условия. Но для всех зернобобовых ход накопления массы плодов и их частей — створок плодов и семян, а также изменения содержания влаги в процессе развития аналогичны (табл. 1).

Цветение и образование плодов на главном побеге люпинов и сои длилось от 19 до 28 дней, у гороха — 9—14 дней. К концу этого периода сухая масса образовавшихся завязей составляла 20—35 % максимальной, причем доля семян в них была незначительной. Влажность плодов оказалась очень высокой и равнялась 89—92 % у люпинов, у гороха и сои — несколько меньше. Продолжительность данного периода у каждой культуры почти не зависела от метеорологических факторов.

Погодные условия в большей степени влияли на продолжительность периода роста бобов. В 1979 г., когда бобов на растении сформировалось меньше, а процессы, связанные с нарастанием вегетативной массы, были угнетены, бобы росли значительно быстрее, чем во влажном и

Сухая масса плодов, семян и створок
(% от максимальной за вегетацию)
и их влажность (%) на конец периодов

прохладном 1980 г. Продолжительность периода В, III колебалась от 8 дней у люпина узколистного до 20—22 дней у люпинов желтого и белого.

К концу В, III бобы у зернобобовых культур достигают максимальных размеров, причем в основном за счет нарастания массы створок, которая становится к этому времени наибольшей, а масса семян составляет только 26—60 % от максимальной. Сырая масса плодов на 83—90 % состоит из воды, причем в створках ее на 4—9 % больше, чем в семенах. В засушливом 1979 г. оводненность плодов была на 1—5 % меньше, чем во влажном 1980 г. Содержание влаги в плодах гороха и сои к концу периода составляло 72—81 %.

У различных зернобобовых культур отмечалась неодинаковая толщина створок. Наиболее толстые и мясистые створки были у белого люпина, а самые тонкие — у гороха и сои. Чем тоньше створки, тем быстрее они достигали максимальной величины. У плодов с более тонкими створками наблюдался больший удельный вес семян в общей массе плодов. К концу периода В, III у белого люпина он обычно не превышал 40 %, а у гороха и сои — 50—66 %.

Два рассмотренных периода соответствуют этапу формирования семян у зерновых по схеме, предложенной Н. Н. Кулешовым. Если у пшениц этот этап длится 12—15 дней, то у зернобобовых культур с недетерминантным ростом он значительно продолжительнее. Даже у гороха, развивающегося быстрее других культур, он составлял 21—24 дня в зависимости от погодных условий, а у белого люпина — 42—50 дней.

Таким образом, у зернобобовых культур, в отличие от зерновых, период формирования плодов (сумма периодов цветения и образования бобов и их роста) более продолжителен. У зернобобовых иной тип плода, и поэтому вначале интенсивно нарастают створки бобов, составляющие к концу периода 39—66 % массы плода.

Показатели	Цветение и образование плодов (В, II)				
	Люпин бе- лый	Люпин жел- тый	Люпин узко- листный	Горох	Соя
День от зацветания	28	19	25	9	27
	<u>28</u>	<u>23</u>	<u>24</u>	<u>14</u>	<u>26</u>
Продолжительность периода, дней	28	19	25	9	27
	<u>28</u>	<u>23</u>	<u>24</u>	<u>14</u>	<u>26</u>
Сухая масса:					
плодов	24	17	35	30	48
	<u>20</u>	<u>20</u>	<u>35</u>	<u>24</u>	<u>31</u>
семян	6	4	14	23	17
	<u>3</u>	<u>6</u>	<u>12</u>	<u>23</u>	<u>14</u>
створок	55	30	70	93	93
	<u>41</u>	<u>43</u>	<u>69</u>	<u>62</u>	<u>73</u>
Влажность					
плодов	90	88	87	86	77
	<u>92</u>	<u>89</u>	<u>89</u>	<u>77</u>	<u>81</u>
семян	88	89	84	82	79
	<u>89</u>	<u>88</u>	<u>87</u>	<u>80</u>	<u>79</u>
створок	91	88	87	86	74
	<u>92</u>	<u>89</u>	<u>90</u>	<u>82</u>	<u>81</u>
	Рост бобов (В, III)				
День от зацветания	42	34	33	21	37
	<u>50</u>	<u>43</u>	<u>32</u>	<u>34</u>	<u>39</u>
Продолжительность периода, дней	14	15	8	12	10
	<u>22</u>	<u>20</u>	<u>8</u>	<u>20</u>	<u>13</u>
Сухая масса:					
плодов	57	73	65	66	71
	<u>64</u>	<u>74</u>	<u>56</u>	<u>60</u>	<u>47</u>
семян	26	42	38	51	60
	<u>31</u>	<u>51</u>	<u>29</u>	<u>31</u>	<u>46</u>
створок	106	100	100	100	100
	<u>100</u>	<u>100</u>	<u>100</u>	<u>100</u>	<u>100</u>
Влажность:					
плодов	89	83	84	76	72
	<u>90</u>	<u>84</u>	<u>87</u>	<u>81</u>	<u>77</u>
семян	84	82	81	70	71
	<u>83</u>	<u>79</u>	<u>85</u>	<u>79</u>	<u>74</u>
створок	91	83	85	83	73
	<u>92</u>	<u>86</u>	<u>89</u>	<u>81</u>	<u>80</u>
	Налив семян (В, IV)				
День от зацветания	69	46	47	31	48
	<u>87</u>	<u>62</u>	<u>52</u>	<u>48</u>	<u>59</u>
Продолжительность периода, дней	27	12	14	10	11
	<u>37</u>	<u>19</u>	<u>20</u>	<u>14</u>	<u>20</u>

Продолжение

Показатели	Продолжение				
	Люпин бе- лый	Люпин жел- тый	Люпин узко- лиственный	Горох	Соя
Сухая масса:					
плодов	$\frac{100}{100}$	$\frac{100}{100}$	$\frac{100}{100}$	$\frac{100}{100}$	$\frac{100}{100}$
семян	$\frac{100}{100}$	$\frac{100}{100}$	$\frac{100}{100}$	$\frac{100}{100}$	$\frac{100}{100}$
створок	$\frac{73}{74}$	$\frac{95}{100}$	$\frac{93}{91}$	$\frac{80}{71}$	$\frac{100}{100}$
Влажность:					
плодов	$\frac{43}{68}$	$\frac{68}{73}$	$\frac{67}{74}$	$\frac{44}{60}$	$\frac{52}{55}$
семян	$\frac{35}{60}$	$\frac{62}{63}$	$\frac{63}{63}$	$\frac{40}{50}$	$\frac{52}{49}$
створок	$\frac{43}{78}$	$\frac{75}{82}$	$\frac{74}{80}$	$\frac{49}{75}$	$\frac{55}{58}$
Созревание (С)					
День от зацвета- ния	$\frac{76}{104}$	$\frac{63}{73}$	$\frac{57}{77}$	$\frac{35}{57}$	$\frac{56}{74}$
Продолжитель- ность периода, дней	$\frac{7}{17}$	$\frac{17}{11}$	$\frac{10}{25}$	$\frac{4}{9}$	$\frac{8}{15}$
Сухая масса:					
плодов	$\frac{98}{93}$	$\frac{97}{98}$	$\frac{96}{90}$	$\frac{91}{79}$	$\frac{98}{96}$
семян	$\frac{98}{87}$	$\frac{88}{98}$	$\frac{94}{87}$	$\frac{92}{98}$	$\frac{99}{98}$
створок	$\frac{68}{66}$	$\frac{82}{97}$	$\frac{91}{74}$	$\frac{73}{62}$	$\frac{100}{93}$
Влажность:					
плодов	$\frac{11}{34}$	$\frac{15}{26}$	$\frac{20}{39}$	$\frac{18}{24}$	$\frac{15}{30}$
семян	$\frac{11}{35}$	$\frac{32}{24}$	$\frac{18}{40}$	$\frac{18}{20}$	$\frac{13}{28}$
створок	$\frac{8}{25}$	$\frac{10}{30}$	$\frac{20}{30}$	$\frac{15}{50}$	$\frac{16}{32}$

Примечание. Здесь и в табл. 2—4 в числителе — 1979 г., в знаменателе — 1980 г.

и семян у зернобобовых культур представлена также на рис. 2 и 3.

Интенсивность поступления пластических веществ в плоды

Несмотря на то, что у зернобобовых культур в нарастании массы плодов и их оводненности в процессе развития много общего, что обусловлено типом плода, существуют и значительные различия (табл. 2), связанные с видом культуры и с неодинаковым влиянием метеорологических факторов.

У гороха и сои отмечалось относительно равномерное по периодам развития накопление пластических веществ в плодах. Во время обра-

Во время налива семян (В, IV) масса створок обычно уменьшается в связи с оттоком питательных веществ в семена. Например, содержание азота в створках снижается с 2,5 до 0,5 %, а в семенах — увеличивается с 4,7 до 8,2 %. Отток происходит и из других органов [2]. Пластические вещества, образующиеся в процессе фотосинтеза, в это время тоже поступают в семена, так как увеличения массы других органов растений не происходит.

К концу периода В, IV масса семян достигает максимума. Влажность плодов, при которой заканчивается налив, высокая — около 70 % у люпинов и 55—60 % у сои и гороха. При этом содержание воды в створках у люпинов 74—82 %, у сои и гороха — 49—75 %, а в семенах — соответственно 60—63 и 49—52 %. В отличие от зернобобовых культур поступление пластических веществ в семена у зерновых заканчивается при 35—40 % влажности [5, 6].

Во время созревания сухая масса плодов и семян немного уменьшается, а их влажность снижается довольно высокими темпами. Скорость созревания, характеризующаяся интенсивностью отдачи влаги семенами и створками, сильно зависит от погодных условий (рис. 1). При пониженной температуре и обилии осадков созревание замедляется. Поэтому уборку зернобобовых культур иногда приходится начинать при влажности семян 30—35 %, чтобы избежать значительных потерь урожая из-за растрескивания бобов у ряда культур или ухудшения погодных условий.

Общая модель развития плодов

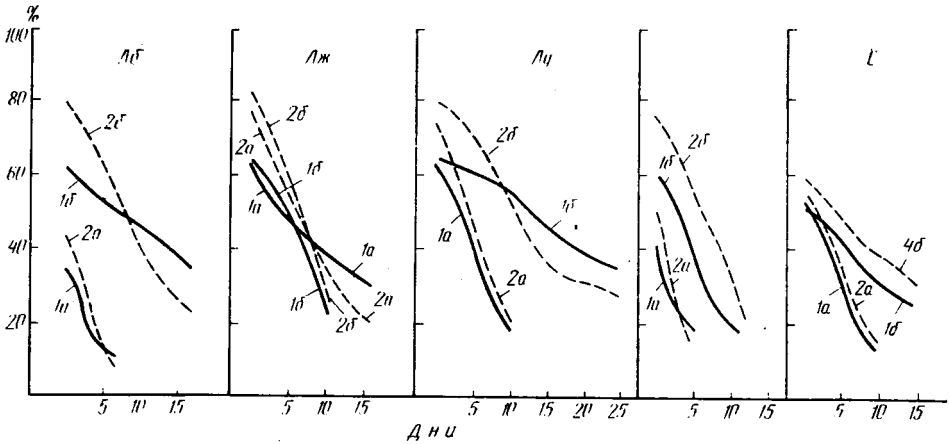


Рис. 1. Динамика влажности семян и створок плодов в период созревания. Лб — люпин белый; Лж — люпин желтый; Лу — люпин узколистный; Г — горох; С — соя; 1 — семена; 2 — створки; а — 1979 г.; б — 1980 г.

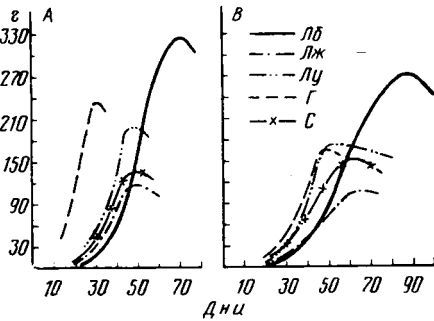


Рис. 2. Нарастание сухой массы 1000 семян. А — 1979 г.; В — 1980 г. Остальные обозначения те же, что на рис. 1.

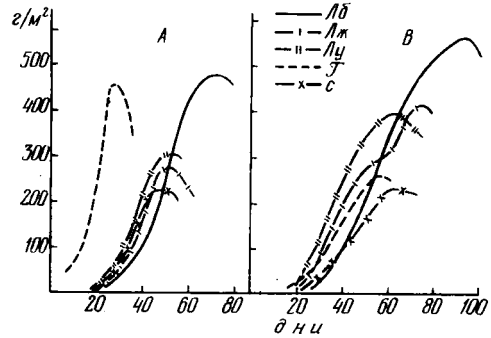


Рис. 3. Нарастание сухой массы семян. Обозначения те же, что на рис. 2.

зования плодов уже 21—32 % поступающего в плоды органического вещества использовалось на формирование семян, а в период роста бобов количество данных веществ увеличивалось в 2—3 раза. Во время налива все они шли на развитие семян и, кроме того, 11—16 % веществ, поступающих в семена, оттекало из створок. В это время интенсивность нарастания массы семян у гороха была в 2—3,5 раза больше, чем в предшествующий период роста бобов, а у сои сохранялась на том же уровне. В 1979 г. из-за недостатка влаги на растениях образовалось меньше плодов, чем в 1980 г., а их развитие ускорилось. Поэтому интенсивность накопления их массы в расчете на 100 плодов и 1000 семян у гороха в 1979 г. была в 2—3 раза больше, чем в 1980 г. У сои, использовавшей осадки второй половины вегетации, различия оказались значительно меньшими.

У люпинов наибольший приток пластических веществ в плоды наблюдался в период В,III — в 2—4 раза больше, чем в В,II. У белого и желтого люпинов в это время отмечалось преимущественное накопление веществ в створках плодов, а в семена в В,II поступало 8—17 %, в В,III — 35—54 % соответственно от общего накопления за В,II и В,III. У люпина узколистного поступление веществ в семена было несколько больше, чем у белого и желтого, но меньше, чем у гороха и сои.

Во время налива семян (В,IV) среднесуточное накопление веществ в расчете на 100 плодов в 1,2—2,1 раза меньше, чем в период роста бобов, но интенсивность притока их в семена наиболее высокая — в 1,1—1,9 раза выше, чем в В,III. Пластические вещества поступают в семена не только за счет фотосинтеза, но и за счет их перераспределения. Так, у белого люпина 21 % этих веществ оттекает из створок плодов, у других видов — 6—9 %. Результаты исследований [10, 11] показали, что во время налива у узколистного люпина идет быстрый отток азо-

Таблица 2

Среднесуточное поступление сухого вещества в плоды и семена по периодам развития

Поступление сухого вещества	Люпин белый	Люпин желтый	Люпин узколистный	Горох	Соя
Цветение и образование плодов (В,II)					
На 100 плодов, г	$\frac{1,6}{1,1}$	$\frac{0,7}{0,7}$	$\frac{1,5}{1,4}$	$\frac{4,6}{1,2}$	$\frac{0,7}{0,5}$
в т. ч. в семена, %	$\frac{11}{17}$	$\frac{8}{12}$	$\frac{18}{29}$	$\frac{32}{24}$	$\frac{30}{21}$
На 1000 семян, г	$\frac{0,7}{0,3}$	$\frac{0,2}{0,3}$	$\frac{1,1}{0,8}$	$\frac{5,9}{0,3}$	$\frac{0,8}{0,8}$
Рост бобов (В, III)					
На 100 плодов, г	$\frac{4,4}{3,1}$	$\frac{2,9}{2,2}$	$\frac{4,1}{2,6}$	$\frac{4,2}{1,2}$	$\frac{1,0}{0,5}$
в т. ч. в семена, %	$\frac{45}{47}$	$\frac{35}{54}$	$\frac{61}{48}$	$\frac{96}{68}$	$\frac{90}{43}$
На 1000 семян, г	$\frac{4,6}{3,4}$	$\frac{2,9}{2,4}$	$\frac{5,9}{3,8}$	$\frac{5,9}{2,2}$	$\frac{5,7}{3,9}$
Налив семян (В,IV)					
На 100 плодов, г	$\frac{2,8}{1,5}$	$\frac{1,8}{1,2}$	$\frac{2,7}{2,2}$	$\frac{4,7}{2,0}$	$\frac{1,1}{1,2}$
в т. ч. семена, %	$\frac{100}{100}$	$\frac{100}{100}$	$\frac{100}{100}$	$\frac{100}{100}$	$\frac{100}{100}$
На 1000 семян, г	$\frac{8,2}{5,0}$	$\frac{5,6}{2,7}$	$\frac{8,9}{6,1}$	$\frac{11,4}{7,9}$	$\frac{4,8}{0,3}$
в т. ч. из створок, %	$\frac{21}{21}$	$\frac{9}{—}$	$\frac{7}{6}$	$\frac{11}{16}$	$\frac{—}{—}$
Созревание (С)					
На 100 плодов, г	$\frac{-0,8}{-0,6}$	$\frac{-0,1}{-0,2}$	$\frac{-0,4}{-0,4}$	$\frac{-3,2}{-1,7}$	$\frac{-0,1}{-0,1}$
На 1000 семян, г	$\frac{-1,0}{-2,1}$	$\frac{-0,8}{-0,2}$	$\frac{-1,1}{-0,9}$	$\frac{-4,5}{-0,3}$	$\frac{-0,1}{—}$

та из вегетативных частей растений и створок плодов в семена после того, как прекратилась фиксация азота. Подобные данные получены на сое [7, 12].

У белого люпина установлен интенсивный отток азота и фосфора из всех частей растения в семена, калий же к созреванию локализуется в основном в створках плодов [2]. Таким образом, у зернобобовых культур во время налива продукты фотосинтеза направляются в семена и, кроме того, происходит перераспределение питательных веществ, в первую очередь азота, и поступление их из других частей растения в семена [2, 10—13].

У люпинов интенсивность нарастания массы в расчете на 100 плодов и 1000 семян в 1979 г. была значительно выше, чем в прохладном и влажном 1980 г.

Во время созревания у всех культур отмечалось снижение массы семян до 13 % и створок — до 17 %.

Трудно сравнивать различные культуры по интенсивности накопления массы 100 плодов и 1000 семян из-за неодинаковых размеров плодов и семян. Целесообразнее для этого использовать такие показатели,

Т а б л и ц а 3

Накопление сухой массы (г/м² посева) :а периоды

Органы растений	Люпин белый	Люпин желтый	Люпин узколистный	Горох	Соя
Цветение и образование плодов (В, II)					
Растение в целом	339	279	400	200	518
	<u>350</u>	<u>580</u>	<u>387</u>	<u>379</u>	<u>369</u>
Плоды	129	11	160	95	137
	<u>182</u>	<u>191</u>	<u>62</u>	<u>83</u>	<u>55</u>
в т. ч. на главном побеге:					
плоды	118	11	138	95	65
	<u>123</u>	<u>159</u>	<u>41</u>	<u>83</u>	<u>36</u>
створки	104	10	112	65	46
	<u>104</u>	<u>140</u>	<u>29</u>	<u>63</u>	<u>29</u>
семена	14	1	25	30	19
	<u>19</u>	<u>18</u>	<u>12</u>	<u>20</u>	<u>7</u>
Рост бобов (В, III)					
Растение в целом	240	290	160	67	—
	<u>530</u>	<u>390</u>	<u>240</u>	<u>160</u>	<u>211</u>
Плоды	155	85	65	45	22
	<u>469</u>	<u>262</u>	<u>78</u>	<u>50</u>	<u>42</u>
в т. ч. на главном побеге					
плоды	141	82	56	45	12
	<u>310</u>	<u>172</u>	<u>49</u>	<u>50</u>	<u>—</u>
створки	78	54	22	2	7
	<u>154</u>	<u>80</u>	<u>26</u>	<u>16</u>	<u>13</u>
семена	63	28	34	43	5
	<u>156</u>	<u>92</u>	<u>23</u>	<u>34</u>	<u>10</u>

как накопление и интенсивность приростов массы растений, плодов и семян в расчете на единицу площади (табл. 3, 4).

У зернобобовых культур во время цветения и образования бобов на главном побеге (нижнем ярусе) интенсивно растут вегетативные органы, образуются боковые побеги. Нарастание вегетативной массы, хотя и с меньшей интенсивностью, продолжается также и в период роста бобов на главном побеге. На размеры видимого прироста оказывает влияние начинающееся в это время опадение нижних листьев.

К концу периода налива семян листья у большинства культур полностью опадают, но из-за интенсивного увеличения массы семян общая сухая масса растений несколько увеличивается.

У люпина желтого в 1979 г. и люпина узколистного в 1980 г. отмечалось израстание растений, когда боковые побеги вследствие сложившихся погодных условий росли и оставались зелеными вплоть до созревания бобов на главном побеге.

В связи с тем, что интенсивное нарастание массы растений происходит в период формирования семян (В,II + В,III), когда листья еще не опали, рассмотрим, как в это время идет накопление и распределение сухого вещества в целом растении у зернобобовых культур.

Погодные условия влажного и прохладного 1980 г. благоприятствовали как вегетативному росту растений, так и завязыванию бобов на растении. Общая продолжительность рассматриваемого периода в 1980 г. была у всех культур больше месяца — 32—50 дней. В течение его прирост сухой массы у гороха, сои и люпина узколистного находился в пределах 540—630 г/м², или 54—63 ц/га, и у люпинов белого и желтого — около 900 г/м², или 90 ц/га. Следует отметить, что из этого

Т а б л и ц а 4

Интенсивность накопления сухой массы (г/м²·сут)

Органы растений	Люпин белый	Люпин желтый	Люпин узколистный	Горох	Соя
Цветение и образование плодов (В,II)					
Растения в целом	12,1	14,7	16,0	22,2	19,2
	12,5	25,2	16,2	27,1	14,2
Плоды	4,6	0,6	6,4	10,6	5,1
	5,8	8,3	2,6	5,9	2,1
в т. ч. на главном побеге:					
плоды	4,2	0,6	5,5	10,6	2,4
	4,4	6,9	1,7	5,9	1,4
створки	3,7	0,6	4,5	7,3	1,7
	3,7	6,1	1,2	4,5	1,1
семена	0,5	0,1	1,0	3,4	0,7
	0,7	0,8	0,5	1,4	0,3
Рост бобов (В,III)					
Растения в целом	17,1	19,3	20,0	5,6	—
	24,1	19,5	30,0	8,0	16,2
	11,1	5,7	8,1	3,8	2,2
	21,3	13,1	9,7	2,5	3,2
в т. ч. на главном побеге:					
плоды	10,1	5,5	7,0	3,8	1,2
	14,1	8,6	6,1	2,5	1,8
створки	5,6	3,6	2,8*	0,2	0,7
	7,0	4,0	3,2	0,8	1,0
семена	4,5	1,9	4,2	3,6	0,5
	7,1	4,6	2,9	1,7	0,8

количества у белого люпина сорта Старт на долю плодов приходилось 74 %, в то время как у люпина желтого — 46, гороха — 25, люпина узколистного — 22 и сои — 17 %.

В 1979 г. скороспелые культуры — горох и люпин узколистный — лучше использовали весенние запасы влаги в почве для формирования урожая, но вегетативный рост их был ограничен. У поздно зацветающего люпина желтого выпавшие в июне осадки вызвали усиленный вторичный вегетативный рост (израстание), в результате чего только 17 % накопившегося за этот период сухого вещества поступило в плоды. У белого люпина в 1979 г. на формирование плодов использовалась половина синтезированного вещества.

В среднем за оба года у видов люпина и сои за период формирования в семенах сосредоточивалось 27—33 % сухих веществ, поступивших

в плоды, у гороха — 41—52 %, остальная часть накапливалась в створках.

Использование показателя интенсивности накопления сухого вещества в растениях и отдельных органах, выраженного в граммах на 1 м² посева за сутки, позволяет сравнить различные культуры по их способности накапливать биомассу и направлять ее на формирование плодов (табл. 4). В среднем за период формирования (В,II + В,III) культуры сильно различались по этому показателю (на 8—28 %). При недостатке влаги в 1979 г. накопление биомассы снизилось на 15—36 %. Различия между культурами, обусловленные неодинаковой их реакцией на погодные условия, становятся более заметными при рассмотрении интенсивности накопления питательных веществ в плодах. Колебания составили в 1979 г. 2,8—7,1, в 1980 г. — 2,5—13,6 г/м² в сутки.

Таким образом, для зернобобовых культур характерны сильные колебания интенсивности поступления питательных веществ в плоды в зависимости от метеорологических факторов.

Люпин белый лучше использовал синтезируемые вещества на формирование плодов, чем другие культуры. У гороха интенсивность накопления биомассы была выше во время цветения и образования плодов, чем в период роста бобов. Способность быстрее накапливать биомассу и использовать вещества на формирование плодов определяют скороспелость гороха.

В период налива семян биомасса растений увеличивается незначительно из-за полного опадения листьев к концу периода. Для этого периода характерны процессы не столько накопления, сколько перераспределения питательных веществ — из всех органов они оттекают в семена и сухая масса семян за этот сравнительно короткий период увеличивается в 2—3 раза.

Завязываемость плодов. Урожай семян и его структура

У зернобобовых культур большая часть цветков опадает, не завязав плодов. В наших опытах у люпина белого опадение цветков, а так-

Таблица 5

Завязываемость плодов и их осемененность у белого люпина
(в числителе — на главном побеге, в знаменателе — на побегах I порядка)

Год	Количество цветков	Количество бобов					Количество семян на 1 боб
		к концу периода В. II		перед уборкой			
		шт. на растение	% от цветков	шт. на растение	% от цветков	% от завязавшихся бобов	
1978	—	4,0	—	3,0	—	75	4,45
		5,0		3,3		66	3,42
1979	32	9,1	28	7,2	22	79	4,00
	27	9,3	34	2,1	8	23	2,38
1980	—	7,0	—	6,2	—	89	4,12
		10,5		4,0		38	2,86
1981	26	10,1	39	9,8	38	97	3,63
	34	9,5	28	6,0	18	63	2,60

же уже завязавшихся плодов зависело от погодных условий. Даже в благоприятном 1981 г., когда опадение было наименьшим, только 39 % цветков на главном побеге и 28 % на боковых завязали плоды (табл. 5).

Обычно нижние цветки на побеге образуют бобы, а остальные опа-

дают. Плоды, завязавшиеся на главном побеге, сохраняются на растении почти полностью (на 75—97 %), в то время как на боковых побегах значительная часть их опадает на ранних этапах развития. Опадение плодов с боковых побегов было намного больше в засушливом 1979 г. В этот год к уборке сохранилось всего 23 % завязавшихся плодов, а в 1980 г.— уже 38 %.

Количество семян в бобе на боковых побегах во все годы исследований было на 30—35 % меньше, чем на главном побеге. Очевидно, бобы с боковых побегов находятся в конкурентных отношениях с ранее образовавшимися бобами главного побега и при неблагоприятных ус-

Т а б л и ц а 6
Элементы структуры урожая зернобобовых культур (в среднем на 1 растение)

Культура	Густота перед уборкой, шт/м ²	Количество бобов		Количество семян		Масса семян		Масса 1000 семян, г
		шт.	в т. ч. на гл. побеге, %	шт.	в т. ч. на гл. побеге, %	г	в т. ч. на гл. побеге, %	
1978 г.								
Люпин белый	126,1	4,3	70	18	75	5,1	74	283
Люпин желтый	88,4	9,8	71	34	74	4,4	74	130
Люпин узколистный	101,9	6,5	61	22	64	3,9	66	182
Горох	112,3	3,0	100	14	100	3,2	100	221
Соя	59,8	13,3	53	23	54	3,2	55	139
1979 г.								
Люпин белый	43,5	7,4	78	26	87	9,4	87	353
Люпин желтый	50,7	9,1	90	33	90	4,2	89	128
Люпин узколистный	55,1	8,4	66	28	70	6,2	72	222
Горох	94,1	3,9	100	17	100	4,3	100	251
Соя	41,5	20,6	60	41	57	6,2	58	149
1980 г.								
Люпин белый	49,4	12,4	62	43	71	12,2	72	285
Люпин желтый	53,0	15,8	70	58	70	7,2	71	123
Люпин узколистный	57,0	14,9	35	51	38	6,9	49	174
Горох	110,6	3,5	100	17	100	2,9	100	189
Соя	44,3	13,8	71	25	71	4,3	76	173

Т а б л и ц а 7
Урожайность зернобобовых культур (ц/га)

Культура	1978	1979	1980	Среднее по культурам (НСР ₀₅ =1,0)
Люпин белый	44,1	27,6	46,2	39,3
» желтый	20,0	16,6	30,6	22,4
» узколистный	21,8	22,0	31,7	25,1
Горох	30,2	26,7	27,4	28,1
Соя	9,8	16,6	16,8	14,4
Среднее по годам (НСР ₀₅ 0,8)	25,2	22,0	30,5	25,9

НСР₀₅ частных средних 1,8 ц/га

ловнях, например при недостатке влаги, развитие их угнетается сильнее. Ранее образовавшиеся на соцветии цветки и плоды имеют преимущество, становясь центрами притяжения питательных веществ.

На урожай семян зернобобовых культур и элементы его структуры весьма сильное влияние оказывают метеорологические факторы (табл. 6 и 7).

В связи с тем, что в 1978 г. люпины высевались обычным рядовым способом, густота посева была большей, чем в 1979 и 1980 гг., и на одном растении формировалось меньше бобов и семян. Если же сравнить посеvy одинаковой густоты (1979 и 1980 гг.), то видно, что во влажном 1980 г. на растениях сформировалось больше бобов и семян, но в засушливом 1979 г. масса 1000 семян была выше за счет лучшей обеспеченности питательными веществами семян благодаря меньшему их количеству.

Для сои из-за позднего срока посева условия 1979 г. для образования плодов и налива семян оказались благоприятными, при этом она хорошо использовала осадки, выпавшие в июле. В то же время повышенная температура воздуха способствовала развитию этой теплолюбивой культуры.

Отметим, что у белого люпина сорта Старт даже во влажные годы 71—75 % семян формируется на главном побеге, а остальные — на побегах I порядка, что определяет его скороспелость и дружность созревания. У гороха все бобы и семена формируются на одном (главном) побеге, но ярусность образования плодов у этой культуры так же четко выражена, как и у других культур.

Из испытываемых культур наиболее высокой урожайностью семян отличался белый люпин (табл. 7). В среднем за 3 года он на 40 % был продуктивнее основной зернобобовой культуры зоны — гороха. Если учесть, что в семенах люпина содержится 35—40 % белка, а в семенах гороха — только 22—25 %, то по сбору белка с гектара он превосходит горох еще значительно. Сбор белка с урожаем семян гороха составил в среднем за 3 года 6,3, а у люпина белого — 14,3 ц/га. Люпин желтый и узколистный по урожайности занимали промежуточное положение. Продуктивность сои оказалась небольшой и составила всего 14,4 ц семян с 1 га в среднем за 3 года.

Таким образом, в северной части ЦЧО наряду с горохом необходимо возделывать скороспелые сорта белого люпина, устойчиво вызревающие здесь и обеспечивающие наибольшие сборы белка с гектара.

Выводы

1. В развитии плодов и семян зернобобовых культур выделяются четыре периода: цветение и образование плодов; рост бобов; налив семян; созревание. Первые два периода у зернобобовых культур значительно продолжительнее, чем у зерновых хлебов. Во время цветения и завязывания плодов на нижнем ярусе у зернобобовых культур интенсивно нарастают боковые побеги и листья на них. В период роста бобов в основном растут створки бобов, которые к концу периода достигают наибольших размеров и массы, в то время как масса семян составляет всего 30—40 % максимальной. Во время налива пластические вещества поступают из створок и других органов растения в семена. К концу налива сухая масса семян самая большая, причем у зернобобовых культур налив заканчивается при высокой влажности створок плодов (70—75 %) и семян (50—65 %). В период созревания семена и створки теряют влагу. Скорость налива зависит от метеорологических факторов.

2. Зернобобовые культуры различаются по интенсивности поступления пластических веществ в плоды и семена. Самый сильный приток пластических веществ в плоды отмечался в период роста бобов — в 2—3 раза больше, чем в предшествующий период, и в 1,5—2,0 раза больше, чем в последующий, причем у люпинов эти вещества поступали в основном в створки плодов. Во время налива семян интенсивность накопления веществ в плодах в целом снижается, но в семенах достигает максимума и бывает в 1,5—2 раза больше, чем в предшествующий период.

3. При ограничении ростовых процессов (например, из-за недостатка влаги) на растениях формируется меньше бобов и семян, но интенсивность поступления пластических веществ в отдельные плоды значительно увеличивается, они быстрее проходят отдельные этапы развития, семена формируются более крупные. В то же время приток пластических веществ в плоды в расчете на единицу площади в этих условиях значительно снижается.

4. Конкуренция между вегетативными и генеративными органами в период цветения и образования плодов во многом определяет урожайность растений и направленность процессов фотосинтеза. Доля пластических веществ, поступающих в плоды, зависит от культуры, сорта и метеорологических факторов. Условия, благоприятные для ростовых процессов, усиливают ветвление и образование плодов на боковых побегах и верхних ярусах, но развитие плодов и поступление в них пластических веществ при этом замедляются.

Цветки и завязавшиеся бобы на побегах разных порядков, а также нижние и верхние плодоземельные на одном побеге находятся в состоянии конкуренции. При этом ранее образовавшиеся плоды имеют преимущество. Цветки и плоды с боковых побегов верхних ярусов опадают сильнее, и число семян в одном бобе на этих побегах меньше, чем на главном.

5. Интенсивность накопления биомассы в среднем за период формирования плодов в расчете на единицу площади близка у различных зернобобовых культур. Она резко снижается в условиях недостатка влаги.

Зернобобовые культуры различаются по интенсивности поступления пластических веществ в плоды и их распределению между створками и семенами. Горох способен быстрее накапливать биомассу, формирование плодов у него идет интенсивнее, чем у других культур. У гороха и сои тоньше створки плодов, после завязывания плодов увеличение массы створок плодов и семян более равномерное, чем у люпинов, у которых пластические вещества в этот период в основном поступают в створки плодов.

6. Среди зернобобовых культур наибольшей продуктивностью отличался белый люпин. По урожайности семян (39,4 ц/га в среднем за 3 года) он на 40 % превосходил горох, а по сбору сырого белка — в 2,3 раза. Урожайность желтого и узколистного люпинов составила 22—25 ц/га, а скороспелого сорта сои в среднем за 3 года — всего 14,4 ц/га, т. е. была в 2 раза меньше, чем гороха, и почти в 3 раза меньше, чем белого люпина.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вавилов П. П., Гатаулина Г. Г., Козлов В. В. Особенности формирования, налива и созревания плодов и семян белого люпина. — Изв. ТСХА, 1976, вып. 3, с. 42—60. — 2. Гатаулина Г. Г., Мишкина В. Э. Минеральное питание и накопление азота у белого люпина. — Изв. ТСХА, 1972, вып. 4, с. 13—27. — 3. Гатаулина Г. Г., Приходько В. А. Периоды развития плодов и семян зернобобовых культур. — Изв. ТСХА, 1982, вып. 4, с. 25—37. — 4. Гриб С. Ф. Биология развития плода и обоснование сроков уборки гороха на семена в условиях Полесья УССР. — Автореф. канд. дис. Харьков, 1967. — 5. Коренев Г. В. О фазах спелости зерна. — Селек. и семенов., 1961, № 3, с. 9—11. — 6. Кулешов Н. Н.

Процесс зернообразования у пшениц. — Тр. Укр. НИИ растениеводства. Харьков, 1960, т. 6, с. 41—66. — 7. Соя. / Пер. с англ. под ред. В. Б. Енкена. М.: Колос, 1970. — 8. Строна И. Г. Общее семеноведение полевых культур. М.: Колос, 1966. — 9. Шпрот Е. В. Продуктивность семенообразования гороха. — Тр. Харьк. с.-х. ин-та, 1966, т. 51, с. 86—101. — 10. Farrington P. — Exp. Agr. a. Anim. Husb., 1976, vol. 16, p. 387—393. — 11. Farrington P., Greenwood E. A. N., Timanis Z. V. — Austr. J. Agr. Res., 1977, vol. 28, p. 237—238. — 12. Hanway S. I., Weber C. R. — Agr. J., 1971, vol. 63, p. 286—290. — 13. Withers N. I., Forde B. I. — New Zealand J. Agr. Res., 1979, vol. 22, N 4, p. 561—569.

Статья поступила 26 июня 1982 г.

Summary

Investigations of the dynamics of wet and dry mass and moisture of fruit and seeds of three annual species of lupine (*Lupinus albus*, *L. luteus*, *L. angustifolius*), peas and soybeans were carried out in 1978—1980 under conditions of the Northern part of Central Chernozem area (Tambov region) on leached chernozem. General trends were revealed of fruit and seeds development of legumes during four stages (stage 1 — flowering and fruit setting; stage 2 — growth of pods; stage 3 — seed formation; stage 4 — ripening). The effect of meteorologic factors on these crops, and properties of these species were also determined. White lupine was 40 per cent higher than peas in seed yields, and 2.3 times higher in crude protein output. Yielding capacity of seeds of white lupine was 3.94 tons per hectare, of yellow and blue lupine — 2.2 to 2.5 tons per hectare, and of soybeans — 1.44 tons per hectare.