

ЗАВИСИМОСТЬ МЕЖДУ МЕТЕОУСЛОВИЯМИ ВЕГЕТАЦИОННОГО ПЕРИОДА И КОЛИЧЕСТВОМ И КАЧЕСТВОМ УРОЖАЯ СЕМЯН УЗКОЛИСТНОГО ЛЮПИНА В СЕВООБОРОТАХ

Л. Л. ЯГОВЕНКО¹, доктор сельскохозяйственных наук,
Н. В. МИСНИКОВА¹, кандидат сельскохозяйственных наук,
Г. Л. ЯГОВЕНКО², кандидат биологических наук

¹ ВНИИ люпина,

E-mail: infodepart@rambler.ru

² Комитет по сельскому хозяйству и продовольствию Брянской области

Представлены результаты, характеризующие зависимость урожайности семян люпина и содержания в них сырого белка от гидротермических условий вегетационного периода. Установлено, что семенная продуктивность зависит от условий июня, а количество белка возрастает в годы с гидротермическим коэффициентом июля меньше единицы.

Ключевые слова: люпин узколистный, урожайность, сырой белок, гидротермический коэффициент

Биологической особенностью люпина является слабая отзывчивость на минеральные удобрения, особенно на суглинистых почвах [1–3]. Благодаря способности формировать эффективный симбиоз с клубеньковыми бактериями, фиксирующими атмосферный азот, и высокой растворяющей способности корневой системы, люпин обеспечивает в достатке собственные потребности в питательных веществах и повышает продуктивность последующих культур. Препятствием к достижению высокой семенной продуктивности люпина чаще всего выступают погодные условия.

Люпин способен накапливать больше белка, чем все остальные виды зернобобовых культур. В зависимости от сортовых особенностей и условий выращивания содержание сырого белка в семенах узколистного люпина варьирует от 28,1 до 38,5%, желтого — от 40,0 до 48,5% [4]. Литературные публикации указывают на целый ряд причин, вызывающих изменения в содержании белка у люпина. Оно может быть обусловлено генетическими различиями [5, 6], а также физиологическими причинами [7].

Количественные зависимости между погодными условиями, продолжительностью периодов роста и развития в свое время изучались К. И. Саввичевым, В. Н. Дюбиным [8, 9]. Целью наших исследований было установить закономерности между колебаниями урожайности и накоплением белка в семенах узколистного люпина сорта Кристалл и метеоусловиями вегетационного периода.

Данные, необходимые для сравнительного анализа, были получены в процессе проведения длительного стационарного двухфакторного полевого опыта, заложенного во ВНИИ люпина в 1987 году. Почва участка серая лесная легкосуглинистая. До закладки опыта в слое 0–20 см содержалось 2,8–3,0% гумуса, свыше 300 мг/кг почвы подвижного фосфора, более 170 мг/кг обменного калия, pH_{KCl} 5,8–6,0. Севообороты (фактор А) имели в структуре от 20 до 100% люпина. Фоны удобрения: 1) без удобрений — контроль; 2) фон К; 3) фон РК; 4) фон НРК (фактор Б).

В работе обсуждаются экспериментальные данные изучения четырех севооборотов с люпином на семена насыщенностью 20, 25 и 50%, и бессменного посева. Также представлены результаты изучения следующих вариантов: севооборот с 28% люпина — поле на семе-

на и поле на зеленый корм, и севооборот с 40% люпина — поле на семена и поле сидерального пара, на двух контрастных фонах: без удобрений и НРК. Непосредственно под люпин удобрений нигде не вносили, дозы под остальные культуры определялись региональными рекомендациями и были одинаковыми во всех севооборотах. Агротехника возделывания культур — общепринятая для региона, методы анализа — стандартные, статистическая обработка данных проведена с помощью программы Statistica for Windows, v. 7.0.

Результаты исследований. Предшественником люпина на семена были яровые или озимые зерновые культуры. Четко выраженной зависимости между долей люпина в севооборотах, фонами удобрений и урожайностью семян не выявлено (табл. 1). Однако прослеживается тенденция к снижению уровня урожая на контроле в севооборотах, где доля люпина составляла от 40 до 100%. В сравнении с долей 20–25% урожай семян был ниже в среднем на 0,4 т/га, на фоне НРК — на 0,43 т/га. В то же время удобрение предшественника не всегда сопровождалось повышением сбора семян. Чаще всего на фоне НРК сбор семян был равен урожаю варианта без удобрений или имел тенденцию к уменьшению.

1. Влияние севооборота и фона удобрения на урожайность узколистного люпина, т/га (в среднем по 3-м полям, 1995–2003 гг.)

Доля люпина в севообороте, %	Фон — без удобрений	Фон НРК	НСР ₀₅ , т/га
Бессменный люпин	2,39 1,12–3,50	2,68 (фон РК) 1,12–3,60	0,23
50	2,65 1,52–4,20	2,50 1,79–4,12	$F_{\phi} < F_m$
25	3,24 2,72–3,98	3,44 3,27–3,81	0,45
20	2,85 2,31–3,39	2,77 2,11–3,44	$F_{\phi} < F_m$
28	2,92 1,47–3,87	2,99 1,59–4,03	0,11
40	2,65 2,18–3,14	2,84 2,33–3,20	0,14

Примечание: числитель — средняя урожайность, знаменатель — минимальная и максимальная за опытный период.

2. Зависимость урожая зерна узколистного люпина от суммы осадков (R) в разные периоды вегетации

Условия возделывания	Коэффициент корреляции, r				Коэффициент детерминации, d			
	R _{VI}	R _{VII}	R _{V-VI}	R _{V-VII}	R _{VI}	R _{VII}	R _{V-VI}	R _{V-VII}
Бессменно без удобрений	-0,20	0,31	0,13	0,34	4,0	9,6	1,7	11,6
В севообороте без удобрений	-0,60	0,39	-0,57	-0,21	36,0	15,2	32,5	4,4
В севообороте на фоне РК	-0,40	0,49	-0,36	0,04	16,0	24,0	14,0	-
В севообороте на фоне NPK	-0,37	0,56	-0,36	0,09	13,7	31,4	14,0	-

3. Зависимость урожая зерна узколистного люпина от суммы температур (t) в разные периоды вегетации

Условия возделывания	Коэффициент корреляции, r				Коэффициент детерминации, d			
	t _{VI}	t _{VII}	t _{V-VI}	t _{V-VII}	t _{VI}	t _{VII}	t _{V-VI}	t _{V-VII}
Бессменно без удобрений	0,40	-0,68	0,21	0,03	16,0	46,2	4,4	-
В севообороте без удобрений	0,16	-0,16	-0,08	-0,12	2,6	2,6	-	1,4
В севообороте на фоне РК	0,28	-0,23	0,06	0,00	7,8	5,3	-	-
В севообороте на фоне NPK	0,06	-0,09	-0,12	-0,14	-	-	1,4	2,0

4. Зависимость урожая зерна узколистного люпина от значения ГТК

Условия возделывания	Коэффициент корреляции, r				Коэффициент детерминации, d			
	ГТК _V	ГТК _{VI}	ГТК _{VII}	ГТК _{V-VI}	ГТК _V	ГТК _{VI}	ГТК _{VII}	ГТК _{V-VI}
Бессменно без удобрений	0,31	0,48	0,04	0,25	9,6	23,0	-	15,0
В севообороте без удобрений	-0,02	0,46	-0,34	-0,11	-	21,2	11,6	1,2
В севообороте на фоне РК	-0,04	0,57	-0,24	0,04	-	32,5	5,8	-
В севообороте на фоне NPK	0,10	0,62	-0,12	0,17	1,0	38,4	1,4	2,9

5. Качественные показатели семян узколистного люпина (в среднем за 1995–2003 гг.)

Доля люпина в севообороте, %	Фон — без удобрений			Фон — NPK		
	масса 1000 семян, г	сырой белок, % в абсолютно сухом веществе	сбор белка, кг/га	масса 1000 семян, г	сырой белок, % в абсолютно сухом веществе	сбор белка, кг/га
Бессменный люпин	157,3	37,1	886	157,0	38,2	962
50	157,5	33,5	888	155,4	34,8	898
25	149,0	35,7	1157	151,9	37,1	1347
20	152,4	36,9	1051	153,8	37,6	1105
28	153,9	36,4	1063	161,3	37,5	1087
40	170,0	36,8	975	174,0	38,6	1077
HCP ₀₅ масса 1000 семян, г	5,7	-	-	5,7	-	-
HCP ₀₅ белок, %	-	2,3	-	-	2,3	-

6. Влияние метеоусловий вегетационного периода на содержание сырого белка в семенах люпина

Год	Сырой белок, % к абсолютно сухому веществу				Гидротермический коэффициент (ГТК)		
	Без удобрений	К	РК	NPK	май-август	май-июнь	июль
Желтый люпин							
1992	38,7	39,9	37,4	38,4	0,7	0,8	0,9
1993	40,3	40,6	39,7	41,2	1,5	0,7	2,7
1991	45,2	45,4	44,9	43,8	1,3	1,5	1,3
1994	46,4	47,0	45,7	47,1	1,9	2,7	0,6
Узколистный люпин							
1997	33,8	33,9	34,5	35,3	1,3	1,5	1,9
2003	32,0	31,8	34,7	36,0	1,6	1,5	1,9
1995	41,0	41,6	42,1	41,8	1,7	2,2	0,5
2002	39,2	39,5	40,9	40,0	1,1	1,5	0,5

Колебания по годам составляли от 1,4 до 2,6 раза, при этом большее насыщение люпином усиливало нестабильность урожаев в разные по метеоусловиям годы.

Наиболее уязвимым периодом для закладки генеративных органов является период «бутонизация — цветение», при этом неблагоприятен как недостаток осадков, так и их избыток. Установлено, что осадки в мае-июне оказывали отрицательное влияние на урожайность, а севооборот и отсутствие удобренного фона усиливали отрицательный эффект (табл. 2).

Связь с осадками июля — положительная и в севооборотах и на фонах с удобрениями $r = 0,49-0,56$. Следовательно, в севообороте после удобренного предшественника люпин менее зависим от условий увлажнения даже в критические для завязывания семян периоды.

Анализ зависимости величины урожая от месячной суммы температур показал, что в условиях региона эта связь негативная, и большее накопление тепла не приводит к росту урожая (табл. 3). Севооборот и удобрения снижают зависимость до минимума, делая ее несущественной.

Слабая корреляционная связь существует лишь с июньскими температурами ($r = 0,28-0,40$), с июльскими температурами отмечена обратная зависимость, а при бессменном возделывании люпина и на не удобряемых фонах эта зависимость даже повышена. В целом только оптимальная сумма активных температур в весенне-летние месяцы благоприятно отражается на урожае люпина. Превышение необходимой суммы положительных температур уменьшает количество и степень развития репродуктивных органов.

Анализ зависимости урожая семян люпина от значения гидротермического коэффициента (ГТК) также свидетельствует о наличии сложной взаимосвязи между этими величинами (табл. 4). Так, в июне при всех условиях возделывания эта связь была положительной, коэффициент корреляции находился в пределах 0,48–0,62. Более тесная связь отмечается в севообороте на фоне удобрений, что свидетельствует о том, что для реализации потенциала продуктивности при улучшении условий возделывания необходимы оптимальные погодные условия. Именно в июне у люпина происходит закладка репродуктивных органов.

Таким образом, корреляционная связь между урожаем узколистного люпина и гидротермическим коэффициентом июня — прямая. При этом, чем лучше остальные условия развития растений, тем меньше сказывается влияние погодных условий на урожайность.

Среднее содержание сырого белка в семенах в разрезе севооборотов колебалось от 33,5 до 38,6 % (табл. 5). При более высокой доле люпина в севообороте не происходило снижение белковости. Возможной причиной данного явления могло быть ростовое разбавление, так как урожаи здесь были ниже. В сравнении с контролем на фоне NPK содержание сырого белка в среднем было выше на 1,5 % (с колебаниями от 0,7 до 1,8 %).

Выход белка с гектара севооборотной площади при возделывании на семена в севообороте с короткой ротацией составил около 0,9 т, а в зернопаровых — более 1,0 т. Максимальный сбор белка — свыше 1,3 т/га получен в севообороте с долей люпина 25 %.

По некоторым данным [7–10], содержание белка подтверждено колебаниям в зависимости от массы се-

мян. Однако мы не нашли какой-либо зависимости между массой 1000 семян и содержанием белка, а также влияния на этот показатель севооборота (табл. 5). На контроле масса 1000 семян колебалась от 149 до 170 г, на фоне NPK — от 151,9 до 174 г.

Литературных данных о связи погодных условий с накоплением белка очень мало. Результаты исследований показали, что на серой лесной почве связь между накоплением белка и гидротермическим коэффициентом существует.

У люпина за период 1995–2003 гг. были выделены годы с минимальным и максимальным уровнем содержания белка в семенах (табл. 6). Так в 1995 г. содержание сырого белка в узколистном люпине поднялось до максимального уровня в 41 %, сравнимого с показателем у желтого люпина.

В то же время в 1997 и 2003 гг. содержание белка было гораздо ниже — в пределах 31,8–34,5 %. При анализе показателя гидротермического коэффициента (ГТК) было установлено, что минимальное и максимальное накопление белка в семенах происходило в годы с нормальным увлажнением за период май — август, при этом коэффициенты ГТК не отличались разительно друг от друга и от нормы, равной 1,4. Более высокое содержание белка отмечается в случае, когда июль характеризуется высокими температурами и малой влагообеспеченностью (ГТК — 0,5 при норме 1,38). Избыточное увлажнение июля (ГТК — 1,9) приводило к снижению белковости семян почти на 20 % относительно лет с сухим июлем.

Проведенный статистический анализ зависимости накопления сырого белка в годы с низким (< 1,0) ГТК июля и высоким (1,9) показал, что роль складывающегося к моменту налива семян гидротермического режима очень существенна (табл. 7). Вероятно, избыток дождей в июле вызывает перераспределение потоков пластических веществ, большая часть которых идет на поддержание функционирования фотосинтетического аппарата растений, но не на синтез белковых веществ. По данным Беляевой [11], при избытке осадков возможно вымывание азота из вегетативных органов люпина.

Вариабельность содержания сырого белка в семенах более чем на 95 % определялась ГТК июля и

7. Влияние гидротермического режима июля на содержание сырого белка в семенах люпина

ГТК — VII	Желтый люпин		Узколистный люпин	
	фон без удобрений	фон NPK	фон без удобрений	фон NPK
<1,0	46,0	45,4	40,3	41,2
1,9 — 2,7	39,9	39,2	32,9	35,1
Точность опыта	2,8		2,8	
НСР ₀₅	3,3		3,3	

8. Влияние различных факторов на колебания содержания сырого белка в семенах люпина

Факторы	% от общего варьирования
Фон удобрения [Б]	0,5
ГТК июля [С]	58,3
Взаимодействие фон + ГТК [БС]	37,2
Другие факторы	4,0

взаимоделием между фоновым удобрением и ГТК июля (табл. 8).

Заключение. Семенная продуктивность узколистного люпина напрямую связана с ГТК июня, в то время как с ГТК июля связь отрицательная. Семена с высоким содержанием белка формируются в годы с низкими значениями гидротермического коэффициента в июле ($ГТК < 1,0$). Узколистный люпин слабо реагирует изменением содержания белка на частоту возделывания в севообороте и имеет тенденцию к его повышению при возделывании по удобренным предшественникам. Связи между массой 1000 семян и их белковостью не установлено.

Литература

1. Посыпанов Г. С. Потребление азота, фосфора и калия люпином при питании минеральным и симбиотическим азотом // Известия ТСХА. — 1972. — Вып. 1 — С. 36–48.
2. Такунов И. П. Удобрение кормовых люпинов // И. П. Такунов, Л. Л. Яговенко // Агрехимия. — 1996. — № 2. — С. 107–120.
3. Braum S. M. White lupin utilizes soil phosphorus that is unavailable to soybean / S. M. Braum, P. A. Helmke // Plant and Soil. — 1995. — V.176. — № 1. — P. 95–100.
4. Мироненко А. В., Домаш В. И., Рогульченко И. В. Белки культурных и дикорастущих растений // Мн.: Наука і техника, 1990. — 200с.
5. Иконникова М. И. Биохимическое изучение зерновых бобовых культур в связи с проблемой растительного белка. — Доклад на соиск. уч. степ. доктора биол. наук по совокупности опубл. работ. — Л-д, 1965. — 58с.
6. Tomas Z. Application of mineral nitrogen increase the yield and content of crude protein in narrow-leaf lupin seeds // Acta Agr. Scandinavica, Section B. — Plant Soil Science. — 2007. — V. 57. — № 3. — P. 231–234

7. Химия и биохимия бобовых растений // Пер. с англ. К. С. Спектрова; под ред. М. Н. Запрометова. — М.: Агропромиздат, 1986. — 336с.
8. Саввичев К. И. Морфобиологические типы желтого люпина // Сб. «Повышение производительности песчаных почв». — Брянск. — 1969. — 64с.
9. Дюбин В. Н. Биоклиматология бобовых и злаковых трав — люпин // Л-д.: Гидрометеоздат, 1981. — С. 59
10. Pigeaire A. Contrasting effects of rooting volume and aerial spacing on shoot morphology and reproductive performance of *Lupinus angustifolius* Z. cu Dania / A. P. Pigeaire, J. S. Pate, C. A. Atkins // Austral J. Agr. Res. — 1990. — 41. № 2. — pp. 339–350.
11. Беляева Ж. А. Продуктивный и адаптивный потенциал одноплетных видов люпина и эффективность их возделывания: Автореф. дисс. канд. с.-х. наук. — Брянск, 2005. — 21с.

Dependence between meteorological conditions of vegetation period and narrow-leaved lupine seed yield quantity and quality in crop rotations

L. L. Yagovenko, N. V. Misnikova, G. L. Yagovenko

The results describing the dependence of lupine seed yield and raw protein content on the hydrothermal conditions of vegetation period are given. It is shown that seed productivity depends on the conditions of June and the amount of protein increases if the hydrothermal coefficient in July is less than 1.

Key words: narrow-leaved lupine, productivity, raw protein, hydrothermal coefficient.

Продолжение, начало на с. 10 ▼

Информация о люпине



Распространение и экология. Большинство видов сконцентрированы в двух крупных регионах: Средиземноморско-Африканском (Восточное полушарие) и Американском (Западное полушарие). В Средиземноморье и Африке описано 12 видов люпина, среди которых 11 однолетних и 1 многолетний, но, видимо, уже вымерший вид. Люпины данного региона произрастают, в основном очагами, на лёгких почвах, преимущественно на небольших высотах или морских побережьях.

В Западном полушарии люпины распространены от 0 до 4800 метров над уровнем моря и выше от Патагонии до Аляски (Юкон) и от Тихого до Атлантического океана. Наибольшее разнообразие наблюдается в субальпийской и альпийской зонах Анд и Кордильер. Причём в высокогорных

растительных формациях люпины играют доминирующую роль. В эти сообщества обычно входят многолетние высокорослые (травянистые и кустарниковые) виды, достигающие нередко высоты 4 метров и более. На засушливых местах с менее плодородными почвами высокогорий встречаются низкорослые подушечные формы. В нижнем поясе гор и на равнинах Америки чаще растут одно-двулетние люпины, многие из которых обитают на бедных почвах и в весьма засушливых районах. Среди них есть эфемеры.

О количестве видов люпинов, произрастающих в Америке, мнения различны. Большинство исследователей сходятся во мнении, что число реально существующих видов люпина, исключая синонимы, не больше 200. Из американских видов люпина окультурен ещё древними инками в VII—VI веках до н. э. и широко возделывается в настоящее время на разных континентах люпин изменчивый (*Lupinus mutabilis Sweet*). Во многих странах натурализован или возделывается также люпин многолистный (*Lupinus polyphyllus Lindl.*)

По своей природе люпин — ксеромезофит, отличающийся высокой засухоустойчивостью. Некоторые виды люпина произрастают в пустынях штатов Аризона, Орегон, Техас, Калифорния, Нью-Мехико, на плоскогорьях Мексики, в пустынях Перу и Чили, оазисах Сахары.

В странах Средиземноморья люпины растут на приморских песках, на лугах и залежах, в расселинах скал и засоряют посевы культурных растений. Большинство люпинов приспособлено к умеренным температурам, но некоторые североамериканские виды, например *Lupinus arcticus*, переносят очень низкие температуры.

Окончание на с. 19.