

12. Ханиева И.М. Удобрение азотом посевов гороха в различных зонах КБР // Плодородие. – 2007. – № 2 (35). – 50 с.
13. Колобов А.В Сравнительная оценка продуктивности различных видов однолетних культур // Научное обеспечение аграрного производства в современных условиях. Сб. материалов международной научн-практ. конф., посвященной 35-летию ФГОУ ВПО «Смоленская ГСХА», ч.1. – Смоленск. – 2010, – С. 154-156.
14. Милащенко Н.З. Программа и методика исследований в Географической сети опытов по комплексному применению средств химизации в земледелии. – М., – 1990. – 220 с.

PRODUCTIVITY OF SINGLE-SPECIES AND MIXED CROPS OF GRAIN LEGUMES DEPENDING ON THE VARIETY AND THE USE OF MINERAL FERTILIZERS IN THE CENTRAL NON-BLACK EARTH REGION

V.V. Kononchuk, V.D. Shtyrkhunov, G.V. Blagoveshchensky, S.M. Timoshenko,
S.V. Sobolev, T.O. Nazarova

FSBSI FEDERAL RESEARCH CENTER “NEMCHINOVKA”

Abstract: *Three-year (2016-2018) studies on the medium-loamy sod-podzolic soil of the Moscow region, with high availability of arable (0-20 cm) layer of movable phosphorus and potassium, with not quite favorable meteorological conditions of vegetation periods in terms of moisture content are set doses and combinations of mineral fertilizers, contributing to the formation of grain yield in single-species crops of pea and maple pea of the Nemchinovskaya breeding varieties, 3,4-4,2 t/ha, their mixtures with spring wheat, 2,8-3,4 t/ha, vetch- wheat mixture 3,0 t/ha containing beans component from 42-56% to 69%.*

Keywords: leguminous crops, species, variety, yield, fertilizer, single-species crops, mixtures.

DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11070

УДК633.367:631.526

ФОРМИРОВАНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ СОРТАМИ ЛЮПИНА УЗКОЛИСТНОГО В КОНТРАСТНЫХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

С.Н. АГАРКОВА, доктор биологических наук
Е.В. ГОЛОВИНА, доктор сельскохозяйственных наук
Р.В. БЕЛЯЕВА, кандидат сельскохозяйственных наук

ФГБНУ «ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР»

В 2013, 2014 и 2018 годах на 6 сортах люпина узколистного исследовано влияние метеорологических условий на накопление и распределение сухого вещества в связи с адаптивностью. Установлено: Кристалл, Витязь и Орловский сидерат характеризуются оптимальным распределением пластических веществ в контрастных по влагообеспеченности условиях. При достаточной влагообеспеченности у этих сортов ассимиляционные процессы направлены в большей степени на формирование фитомассы. При недостатке влаги пластические вещества перераспределяются в направлении генеративных органов, благодаря чему в засушливых условиях урожай зерна более высокий, чем в благоприятных.

У сортов люпина определена оптимальная для формирования высокой зерновой продуктивности площадь листьев: 197 см²/растение или 2,2 м²/м² при недостатке влаги; 325 см²/растение или 3,6 м²/м² при достаточной влагообеспеченности. Адаптация растений люпина к засушливым условиям заключается в увеличении доли корней в фитомассе растения. В условиях повышенной влагообеспеченности установлены тесные корреляционные положительные связи между урожаем зерна и надземной массой; между

зерновой продуктивностью, урожаем сухого вещества и фотосинтетическим потенциалом и количеством клубеньков. В условиях достаточной влагообеспеченности установлена взаимосвязь на высоком уровне между урожаем сухого вещества и площадью листьев и фотосинтетическим потенциалом. В засушливых условиях отрицательно коррелируют площадь листьев и фотосинтетический потенциал с количеством клубеньков в связи с конкуренцией за пластические вещества.

Ключевые слова: люпин узколистный, метеорологические условия, продуктивность, адаптивность, урожай сухого вещества, урожай зерна.

Внимание к люпину узколиственному в последние годы неуклонно растет, в связи со значительностью его роли в решении белковой проблемы в животноводстве и как средоулучшающего компонента в земледелии. Люпин узколистный до начала XX столетия использовался главным образом как сидеральная культура. В 1927-1929 гг. немецкий ученый Р. Зенгбуш выделил два мутантных штамма с низким содержанием алкалоидов, которые послужили исходным материалом для создания сортов кормового использования, как за рубежом, так и в нашей стране [1]. За сравнительно короткий период были созданы скороспелые, малоалкалоидные, с высоким содержанием белка, сорта кормового узколистного люпина с нестрессивизирующимися бобами, с различной архитектоникой стебля, не имеющие равных среди зернобобовых культур по азотфиксирующей способности. Потенциал продуктивности современных сортов кормового использования чрезвычайно высок и находится на уровне урожайности зерновых культур [2].

Однако у новых сортов люпина узколистного наблюдается довольно резкое колебание урожайности зерна по годам, что обусловлено особенностями формирования адаптивных реакций к стрессовым факторам. В течение вегетации происходит рост и дифференциация вегетативных и генеративных органов, накопление и распределение сухого вещества в которых зависит от активности и направленности ассимиляционных процессов. Оптимальные условия, в которых образуются биологический урожай и его хозяйственно ценная часть могут быть различными. Борьба за ассимиляты между вегетативными и репродуктивными органами способна снизить урожайность и количество семян [3]. В этой связи формирование продуктивности необходимо изучать одновременно с теми факторами, от которых зависит величина, как общей биологической продуктивности, так и основной ее составляющей – урожая зерна. Подобные исследования на современных отечественных сортах люпина узколистного немногочисленны [4].

Цель исследований: изучить влияние погодных условий на накопление и распределение сухого вещества по органам растений сортов люпина узколистного кормового и сидерального использования; определить особенности фотосинтетической деятельности и симбиотической активности в процессе формирования биологической и хозяйственной продуктивности.

Материалы и методы исследований

Опыты проведены в 2013, 2014 и 2018 гг. в ФГБНУ ФНЦ ЗБК. Предшествующая культура - озимая пшеница. Почва опытных участков, на которых проводились исследования, тёмно-серая лесная, суглинистая. Мощность гумусового горизонта 30-35 см., влажность устойчивого завядания 9,7% от объёма почвы. Содержание гумуса в пахотном горизонте по Тюрину 4,3-5,6%, легкогидролизующего азота по Кононовой и Тюрину 6,4-10,1 мг/100 г почвы, обменного калия по Масловой 7-15 мг/100 г почвы, подвижного фосфора по Кирсанову 6,8-16,5 мг/100 г почвы, сумма поглощённых оснований по Каплену 18,5-26,2 мг-экв/100 г почвы, степень насыщенности основаниями 83-91%, pH солевой вытяжки по Алямовскому 5,3-6,0, гидролитическая кислотность по Каплену 1,7-6,3 мг-экв/100 г почвы.

Сорта выращивали на делянках 10 м² в 4-х кратной повторности по принятой для зоны технологии. Сорта, включенные в исследования, по архитектонике стебля относятся к индетерминантному типу (Тимир 1), индетерминантному типу с генетическим блокированием ветвления на побегах 2-4 порядка (Кристалл, Витязь, Орловский, Орловский сидерат), колосовидному типу с заблокированным ветвлением на уровне первого порядка

Научно – производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры» №1(29)2019 г. (Надежда). Сорта люпина внесены в Госреестр селекционных достижений РФ в различные годы: Тимир 1 – 1990, Кристалл – 1998, Надежда – 2004, Орловский сидерат – 2006, Витязь – 2011, Орловский – 2016.

Годы исследований характеризовались контрастными метеорологическими условиями: 2013 год – избыточно влажный, 2014 – благоприятный, 2018 – засушливый, особенно в начале вегетации (табл. 1).

Таблица 1

Агрометеорологические условия, г. Орел

Показатели	Месяцы			
	май	июнь	июль	август
Средняя температура воздуха за месяц, °С				
Средняя многолетняя	13,8	16,8	18,0	17,0
2013 г.	18,0	19,8	18,8	19,0
2014 г.	15,0	16,3	20,9	20,0
2018 г.	17,0	18,0	20,4	19,8
Количество осадков за месяц, мм				
Среднее многолетнее	51,0	73,0	81,0	63,0
2013 г.	64,3	68,5	49,5	33,2
2014 г.	124,0	53,3	19,4	14,4
2018 г.	31,9	16,1	109,0	16,5

Фотосинтетическую деятельность оценивали по методике [5, 6, 7]. Учитывали количество и массу клубеньков [8]. Отбор проб для исследований по накоплению сухого вещества и азота проводили в фазы стеблевания и бутонизации (лист, стебель, корень); начала формирования бобов и налива бобов (лист, стебель, корень, бобы, клубеньки); полной спелости (стебель, створки, семена, корень) согласно методике [9].

Содержание сырого протеина определяли по методу Кьельдаля с использованием для сжигания проб дигестора с программированным нагревом DK-6 фирмы Velp Scientifica, для дальнейшей отгонки и титрования – автомата UDK – 152 этой же фирмы. Экспериментальные данные обработаны с помощью Microsoft Excel 2007 с учетом методических рекомендаций Б.А. Доспехова (1985).

Результаты исследований

В формировании общего биологического урожая люпина узколистного значительную роль играет фотосинтетическая деятельность и в частности фотосинтетический потенциал суммарной листовой поверхности (ФП), который зависит не только от общей поверхности листьев, но и от скорости ее образования и продолжительности активной деятельности в генеративный период. Наибольшая площадь листьев за три года установлена у сортов Витязь ($351 \text{ см}^2/\text{раст.}$) и Тимир 1 ($315 \text{ см}^2/\text{раст.}$) (табл. 2).

Таблица 2

Фотосинтетическая деятельность сортов люпина узколистного

Сорт	Площадь листьев, $\text{см}^2/\text{раст.}$				ФП, млн $\text{м}^2 \times \text{сут.}/\text{га}$				ЧПФ, $\text{г}/\text{м}^2 \times \text{сут.}$			
	2013	2014	2018	$\bar{x}$	2013	2014	2018	$\bar{x}$	2013	2014	2018	$\bar{x}$
Кристалл	232	380	163	258	0,53	0,53	0,22	0,43	9,3	7,8	5,8	7,6
Надежда	236	165	160	187	0,26	0,26	0,25	0,25	12,1	10,2	7,5	9,9
Тимир 1	398	336	210	315	0,52	0,58	0,25	0,45	10,9	13,8	8,0	10,9
Витязь	298	559	196	351	0,52	0,67	0,23	0,47	11,7	9,3	7,2	9,4
Орл. сидерат	236	260	294	263	0,40	0,31	0,35	0,35	9,7	8,9	7,0	8,5
Орловский	307	254	161	241	0,45	0,41	0,25	0,37	8,9	9,5	4,9	7,7
$\bar{x}$	285	325	197		0,45	0,46	0,26		10,4	9,9	6,7	

Значения фотосинтетического потенциала в среднем по годам составили у сортов Кристалл, Витязь и Тимир 1 0,43-0,47 млн. м² х сут./га. Динамика развития и величина листовой поверхности зависят от многочисленных факторов и, прежде всего метеорологических условий. Так, при повышенной влажности 2013 г. площадь листьев в среднем по сортам была на уровне 285 см²/раст., в засушливом 2018 г. снизилась до 197 см²/раст. Максимальная площадь листьев отмечена у Тимира 1, Надежды и Орловского – во влажном 2013 году, у Кристалла и Витязя – в оптимальном 2014, у Орловского сидерата – в засушливом 2018 году. Наиболее низкий фотосинтетический потенциал и чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) у всех сортов отмечены в 2018 году.

Погодные условия оказывали существенное влияние на симбиотическую деятельность люпина узколистного. Наибольшее количество и масса клубеньков в среднем по сортам отмечены в благоприятном 2014 г. – 52,0 и 838,5 мг/раст. соответственно (рис. 1, 2). В 2013 г. избыточная влажность почвы и недостаток кислорода в ней привели к снижению этих показателей до 21,5 и 107,3 мг/раст. Высокая симбиотическая активность установлена у сортов Витязь и Орловский, масса клубеньков у которых в среднем за три года составила 710 мг/растение и 521 мг/растение соответственно.

У Витязя в отличие от других сортов максимальная масса клубеньков наблюдалась в засушливом 2018 году. Образование сухого вещества у сортов люпина узколистного характеризуется определенной динамикой в процессе онтогенеза. Начальные темпы прироста сухого вещества относительно невелики, что связано, прежде всего, с низкими температурами в конце апреля-начале мая. За весь период от всходов до налива бобов на боковых побегах сухая масса у сорта Надежда ниже, чем у остальных сортов, у сорта Витязь - выше (табл. 3). В среднем за три года в фазу налив бобов на боковых ветвях сформировано следующее количество сухого вещества: Витязь – 19,7 г/раст., Кристалл – 16,9 г/раст., Тимир 1 – 16,5 г/раст., Надежда – 11,1 г/раст.

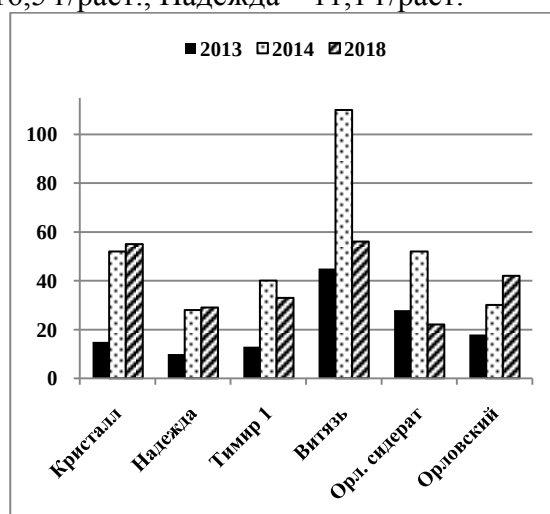


Рис. 1. Количество клубеньков у сортов люпина узколистного, шт. на растении

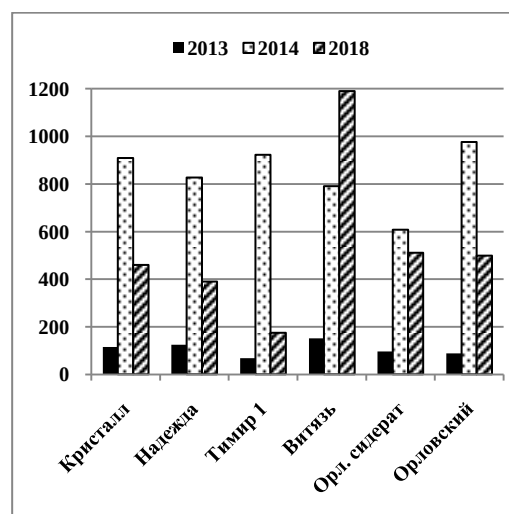


Рис. 2. Масса клубеньков у сортов люпина узколистного, мг/растение

Таблица 3

Формирование сухого вещества сортами люпина узколистного в онтогенезе, г/растение (среднее за 2013, 2014, 2018 гг.)

Сорт	Стеблевание	Налив бобов на центральном стебле	Налив бобов на боковых ветвях
Кристалл	1,7	6,6	16,9
Надежда	1,1	4,9	11,1
Тимир 1	1,2	7,1	16,5
Витязь	1,7	9,1	19,7
Орл. сидерат	1,7	6,1	14,5
Орловский	1,5	4,9	13,3

Максимальное количество сухого вещества 15,6 г с растения в фазу налив бобов на боковых ветвях в среднем по сортам сформировано в 2013 и 2014 гг. Засушливые условия 2018 года привели к снижению урожая фитомассы до 14,9 г/растение (рис. 3). Однако сортами Надежда, Орловский сидерат и Орловский наибольшая масса сухого вещества накоплена в 2018 г. Максимальная фитомасса образована сортом Витязь – 20,4-20,5 г/растение в 2013 г. и 2014 г., минимальная сортом Надежда в 2013 г. – 9,6 г/растение.

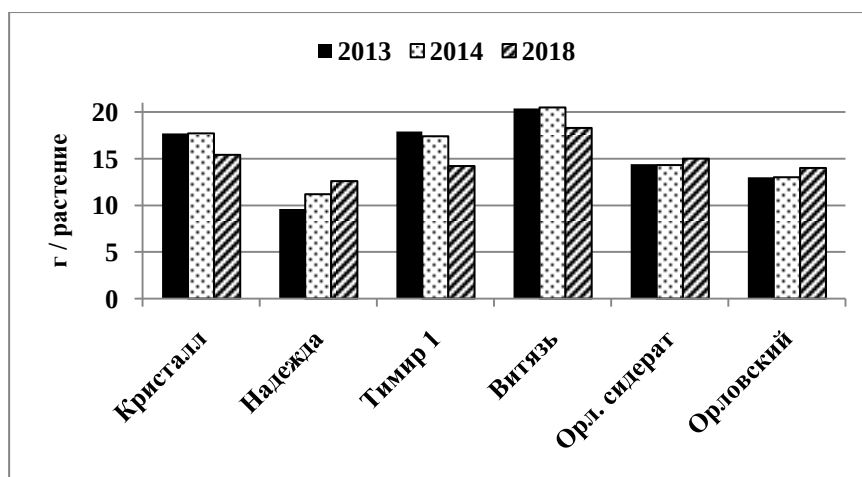


Рис. 3. Накопление сухого вещества сортами люпина узколистного в фазу налив бобов на боковых побегах

Наибольшая взаимосвязь между урожаем зерна и количеством сухого вещества надземных органов отмечена в период от начала цветения на центральной кисти до начала налива бобов на боковых побегах. Но и ассимиляционные процессы в начальные фазы развития (от всходов до начала цветения) вносят определенный вклад в формирование зерна. В течение всей вегетации растение накапливает в вегетативных органах и перераспределяет питательные вещества в направлении аттрагирующих органов (бобов с семенами).

В фазу налив бобов на центральном стебле, доля стеблей в зависимости от условий года практически не изменялась и колебалась по годам от 43,0% до 43,6% (табл. 4). Максимальный вклад листьев в общую фитомассу отмечен в оптимальном 2014 году 37,6%, минимальный – во влажном 2013 г. – 32,4%. Наибольшая доля бобов складывалась в неблагоприятных условиях: в засушливом 2018 г. (9,4%) и в избыточно влажном 2013 г. (10,9%). Вклад сухого вещества корней в общую фитомассу растения в зависимости от условий года изменялся следующим образом. В благоприятном 2014 г. доля корней составила 10,2%, во влажном 2013 г. – 13,5%, в засушливом 2018 г. этот показатель возрос до 14,4%.

Таблица 4

Распределение сухого вещества по органам у сортов люпина узколистного, %

Налив бобов на центр. стебле				Налив бобов на бок. побегах			
листья	стебли	корни	бобы	листья	стебли	корни	бобы
2013 год влажный							
32,4	43,3	13,5	10,9	32,3	42,6	13,4	11,6
2014 год благоприятный							
37,6	43,6	10,2	6,5	21,7	35,7	8,2	34,7
2018 год засушливый							
34,0	43,0	14,4	9,4	28,0	33,0	10,1	27,1

В фазу налив бобов на боковых побегах в среднем по сортам максимальный вклад бобов в сухую массу отмечен в благоприятном 2014 г. – 34,7%, минимальный – 11,6% во влажном 2013 г., в засушливом 2018 году доля бобов составила 27,1 %. В 2014 г. наибольшая

доля бобов в общей фитомассе составила: у сорта Кристалл – 48,7%, Орловский сидерат – 35,9%, Надежда – 37,4%. В 2014 г. несмотря на то, что сорт Витязь превзошел остальные сорта по общей фитомассе (20,5 г/растение), лишь 24,0% ее было использовано на бобы с семенами; в 2013 г. – 17,1%, в 2018 г. – 26,4%.

Исследованы корреляционные связи между физиологическими признаками и показателями продуктивности у сортов люпина. Во влажном 2013 г. установлена взаимосвязь зерновой и биологической продуктивности с фотосинтетическим потенциалом на высоком уровне $r = 0,906$ и $0,908$; с количеством клубеньков на среднем уровне $r = 0,560$ и $0,585$. Урожай сухого вещества и урожай зерна в этом году коррелируют на уровне $r = 0,917$. В благоприятном 2014 году тесно взаимосвязан урожай сухого вещества с площадью листьев ($r = 0,666$) и фотосинтетическим потенциалом ($r = 0,839$). Между урожаем зерна и чистой продуктивностью фотосинтеза в этом году отрицательная корреляция $r = -0,772$. Количество клубеньков в 2014 году положительно коррелирует с площадью листьев ($r = 0,915$) и фотосинтетическим потенциалом ($r = 0,687$) и отрицательно в засушливом 2018 году, соответственно $r = -0,560$ и $r = -0,780$.

Площадь листьев в засушливом 2018 г. в среднем по сортам $197 \text{ см}^2/\text{растение}$ или $2,2 \text{ м}^2/\text{м}^2$ оказалась оптимальной для формирования высокой зерновой продуктивности (табл. 5), а у сортов Надежда, Орловский сидерат, Орловский и наибольшего количества сухого вещества (рис. 3). В 2018 г. зерновая продуктивность в среднем по сортам выше, чем в избыточно влажном 2013 году и благоприятном 2014 году на 26% и 18% соответственно. Максимальный урожай зерна в 2018 г. у Кристалла (9,4 г/раст.) и Орловского сидерата (9,8 г/раст.). Кристалл в среднем за три года превзошел остальные сорта по урожайности, сформировав $8,2 \text{ г/растение}$.

Таблица 5

Зерновая продуктивность сортов люпина узколистного, г/растение

Сорт	2013 г.	2014 г.	2018 г.	$\bar{x}$
Кристалл	6,8	8,4	9,4	8,2
Надежда	4,1	4,6	6,8	5,2
Тимир 1	5,7	4,6	5,2	5,2
Витязь	7,0	7,0	8,7	7,6
Орл. сидерат	5,2	7,9	9,8	7,6
Орловский	5,5	5,5	6,5	5,8
$\bar{x}$	5,7	6,3	7,7	
НСР ₀₅	1,211	0,950	1,081	

Выводы

1. Кристалл, Витязь и Орловский сидерат характеризуются оптимальным распределением пластических веществ в контрастных по влагообеспеченности условиях. При достаточной влагообеспеченности у этих сортов ассимиляционные процессы направлены в большей степени на формирование фитомассы. При недостатке влаги пластические вещества перераспределяются в направлении генеративных органов, благодаря чему в засушливых условиях урожай зерна более высокий, чем в благоприятных.

2. У сортов люпина определена оптимальная для формирования высокой зерновой продуктивности площадь листьев: $197 \text{ см}^2/\text{растение}$ или $2,2 \text{ м}^2/\text{м}^2$ при недостатке влаги; $325 \text{ см}^2/\text{растение}$ или $3,6 \text{ м}^2/\text{м}^2$ при достаточной влагообеспеченности.

3. Адаптация растений люпина к засушливым условиям заключается в увеличении доли корней в фитомассе растения.

4. В условиях повышенной влагообеспеченности установлены тесные корреляционные положительные связи между урожаем зерна и надземной массой; между зерновой продуктивностью, урожаем сухого вещества и фотосинтетическим потенциалом и количеством клубеньков. В условиях достаточной влагообеспеченности установлена взаимосвязь на высоком уровне между урожаем сухого вещества и площадью листьев и

фотосинтетическим потенциалом. В засушливых условиях отрицательно коррелируют площадь листьев и фотосинтетический потенциал с количеством клубеньков в связи с конкуренцией за пластические вещества.

Литература

1. Майсурян Н.А., Атабекова А.И. Люпин. – М.: Колос, – 1974. – 463 с.
2. Агеева П.А., Почутина Н.А. Результаты испытания сортов узколистного люпина //Зернобобовые и крупяные культуры, – 2018. – № 3. – С. 77-81.
3. Egli D.B. Seed Biology and the Yield of Grain Crops, 1998. CAB International, Wallingford, UK. – 178 p.
4. Гатаулина Г.Г., Соколова С.С. Формирование урожая и динамические характеристики продукционного процесса у зернобобовых культур // – М., – 2012. – 272 с.
5. Синякова Л.А., Иванова А.И. Методические указания по определению показателей фотосинтетической и корневой деятельности растений // Л. Пушкин, – 1981, – 17 с.
6. Коломейченко В.В. Методические указания по изучению основных показателей фотосинтетической деятельности растений в посевах. // – Орел, – 1987. – 9 с.
7. Ничипорович А. А. Показатели и процессы фотосинтетической деятельности, задачи и методы их контроля в работах по повышению продуктивности растений. // Методические указания по учету и контролю важнейших процессов фотосинтетической деятельности растений в посевах. – М: Наука, – 1969. – 24 с.
8. Посыпанов Г.С. Методы изучения биологической фиксации азота воздуха. // Справочное пособие. Агропромиздат, – М., – 1991. – 300 с.
9. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами. – М., – 1997. – 156 с.

FORMATION OF PRODUCTIVITY BY VARIETIES OF NARROW-LEAVED LUPINE IN CONTRASTING METEOROLOGICAL CONDITIONS

S.N. Agarkova, E.V. Golovina, R.V. Belyaeva

FSBSI «FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS»

Abstract: In 2013, 2014 and 2018 on 6 varieties of narrow-leaved lupine the effect of meteorological conditions on the accumulation and distribution of dry matter due to adaptability was investigated. Determined: the varieties Kristall, Vityaz' and Orlovskij siderat are characterized by an optimal distribution of plastic substances in contrasting moisture conditions. With sufficient moisture supply in these varieties, assimilation processes are more focused on the formation of phytomass. With a lack of moisture, plastic substances are redistributed in the direction of the generative organs, so that in dry conditions the grain yield is higher than in favorable ones. In varieties of lupine the leaf area, optimal for the formation of high grain productivity was determined: 197 cm²/plant or 2,2 m²/m² with a lack of moisture; 325 cm²/plant or 3,6 m²/m² with sufficient moisture. Adaptation of lupine plants to dry conditions is to increase the proportion of roots in the plant's phytomass. In conditions of high moisture supply, close positive correlation relations were established between the grain yield and the above-ground mass; between grain productivity, dry matter yield and photosynthetic potential and the number of nodules. In conditions of sufficient moisture supply, a high-level relationship was established between the dry matter yield and leaf area and the photosynthetic potential. Under dry conditions, leaf area and photosynthetic potential negatively correlate with the number of nodules due to competition for plastic substances.

Keywords: narrow-leaved lupine, meteorological conditions, productivity, adaptability, dry matter yield, grain yield.