

ВЛИЯНИЕ ВОЗРАСТАЮЩИХ ДОЗ АЗОТА НА КОРМОВУЮ ПРОДУКТИВНОСТЬ МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ

ИВАНОВА Светлана Васильевна, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр лубяных культур»

КУРДАКОВА Ольга Васильевна, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр лубяных культур»

КОНОВА Аминат Мсостовна, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр лубяных культур»

ГАВРИЛОВА Анна Юрьевна, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр лубяных культур»

Проанализировано влияние возрастающих доз азотных удобрений на урожайность клевера лугового сорта Надежный, внесенного в Государственный реестр селекционных достижений в 2012 г. в сравнение с тимофеевкой луговой сорта Ленинградская 204. Установлено, что предпосевное внесение минерального азота под клевер и тимофеевку оказало влияние на продуктивность этих культур, но его характер различается в зависимости от вида трав. Оптимальным для клевера лугового первого года жизни стало внесение N_{20} на фоне $P_{30}K_{90}$, обеспечившее прибавку к контролю 51,2 % по зеленой массе и 33,6 % по воздушно-сухому веществу. Для травостоя клевера лугового второго года жизни лучшим стал вариант $N_0P_{30}K_{90}$, давший прибавку 56,6 % к контролю по зеленой массе и 50,6 % по воздушно-сухому веществу. Дальнейшее увеличение дозы азота по вариантам вызывало снижение прибавки урожая. У тимофеевки луговой за два года жизни прослеживалась отзывчивость на обеспеченность азотом. Наиболее продуктивным по всем показателям оказался вариант $N_{120}P_{30}K_{90}$.

Введение. Главным фактором повышения урожайности и качества сельскохозяйственных культур является использование азота – источника питания всех растений [2]. В настоящее время актуальными являются проблемы минерального питания сельскохозяйственных растений, которые оптимизируются регулированием содержания его в почве за счет применения удобрений, биологического азота, а так же агротехнических приемов. Большая часть потребности растений в азоте покрывается за счет биологических форм, накапливаемых в почве при участии бобовых растений (клубеньковых бактерий) и почвенных микроорганизмов [10]. Снизить зависимость земледелия от недостаточного внесения минерального азота можно путем максимального накопления и использования его биологической формы [7, 11]. Наиболее важным являются вопросы взаимодействия удобрений с почвой и растениями, изучения и оценки эффективности их потребления с агрономической, экономической и экологической точки зрения, а также воздействия удобрений на агроценоз. Первоочередными становятся задачи биологизации

путей восстановления плодородия почвы и экологизации использования минеральных и органических удобрений [4]. С переходом на интенсивные и ресурсосберегающие технологии возделывания сельскохозяйственных культур возникла необходимость в совершенствовании ранее изданных рекомендаций по применению удобрений в земледелии, которые не всегда соответствуют теории и практике агрохимии и региональным особенностям страны [3, 9]. Следует уделить особое внимание практическому использованию биологического азота, усвоенного микроорганизмами, который может существенно восполнить недостаток минеральных азотных удобрений в почве и даст возможность экономичнее их расходовать.

Цель представленных исследований – изучение влияния возрастающих доз азотных удобрений на кормовую продуктивность клевера лугового сорта Надежный и тимофеевки луговой сорта Ленинградская 204.

Методика исследований. Опыты проводились в 2017–2018 гг. на научном поле Смоленского ИСХ (бывшая Смоленская





Рис. 1. Клевер луговой сорт Надежный

ГОСХОС) на посевах клевера лугового сорта Надежный и тимopheевки луговой сорта Ленинградская 204. Оригинатором сорта Надежный является Смоленская ГОСХОС (рис. 1). Сорт раннеспелый, диплоидный. В благоприятные годы дает три укоса на зеленую массу. Во второй год жизни отрастает и рано зацветает. Облиственность растений составляет 46,21–48,65 %. Содержание сырого протеина – 17,21 %, клетчатки – 24,2 %. Сорт зимостойкий. Внесен в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию в 2012 г. [6].

Закладка опыта, наблюдения и учет проводили согласно методическим рекомендациям [5, 8]. Обработка почвы состояла из зяблевой вспашки, культивации в два следа, а также выравнивания и прикатывания. Предшественник – лен-долгунец. Посев проводился беспокровно, вручную. Способ посева – рядовой. Норма высева у клевера составила 8 млн всхожих семян на 1 га, у тимopheевки – 12 млн/га. Размещение вариантов – рендомизированное без повторности. Общая площадь опытной делянки, предназначенной для одного варианта внесения удобрений, составила 10 м². На каждой опытной делянке с посевами клевера лугового и тимopheевки луговой в трехкратной повторности выделены микроделанки размером 25×25 см (0,0625 м²) для учета пожнивнокорневых остатков. Удобрения на общей площади опытных делянок в виде монофосфата калия (50 % P₂O₅, 33 % K₂O), хлористого калия (60 % K₂O) и аммиачной селитры (34 % N) вносили вразброс согласно схеме опыта, включающей в себя следующие варианты: 1) без удобрений – контроль; 2) P₃₀K₉₀; 3) N₂₀P₃₀K₉₀; 4) N₄₀P₃₀K₉₀; 5) N₆₀P₃₀K₉₀; 6) N₁₂₀P₃₀K₉₀. На микроделанках в посевах

монофосфат калия, хлористый калий и аммиачную селитру вносили по схеме опыта пропорционально удобряемой площади в виде раствора. Аммиачная селитра, на 98,9 атомных процента обогащенная стабильным изотопом ¹⁵N в аммонийной форме, была разбавлена аммиачной селитрой без метки до обогащения 21,0 %. В качестве источника фосфора выбрали монофосфат калия с той целью, чтобы исключить попадание минерального азота в виде примеси, содержащегося в других распространенных формах фосфорных удобрений. В фазу полных всходов на каждой микроделанке отрегулировали численность растений до 21 шт. Использование травостоев одноукосное. Учет зеленой массы проводили в фазу цветения. Отбор проб пожнивнокорневых остатков изучаемых культур проходил во время фазы цветения клевера лугового на микроделанках 25×25 см (0,0625 м²) в трехкратной повторности в слое почвы 20 см рамочным методом по Н.З. Станкову.

Исследования проводили на дерново-среднеподзолистой легкосуглинистой почве. Среднее содержание гумуса составило 2,34 %, рН_{сол} – 5,0, подвижного фосфора – 260 мг/кг почвы, подвижного калия – 94 мг/кг почвы. По наблюдениям метеостанции г. Рославля [1], погодные условия в течение вегетационных периодов 2016–2018 гг. были благоприятными для произрастания кормовых трав. Температурный режим и запас влаги в почве были в пределах нормы, что способствовало дружному отрастанию растений и формированию урожая зеленой массы.

Результаты исследований. По результатам учета зеленой массы клевера лугового сорта Надежный и тимopheевки луговой сорта Ленин-



Характер действия возрастающих доз азотных удобрений на продуктивность клевера лугового сорта Надежный

Вариант	Урожай зеленой массы, т/га			Урожай воздушно-сухого вещества, т/га		
	2017 г.	2018 г.	среднее за 2 года	2017 г.	2018 г.	среднее за 2 года
Без удобрений	18,34	40,24	29,29	4,05	8,91	6,48
$N_0P_{30}K_{90}$	20,68	63,03	41,86	3,64	13,42	8,53
$N_{20}P_{30}K_{90}$	27,73	48,42	38,08	5,41	12,04	8,73
$N_{40}P_{30}K_{90}$	26,46	46,81	36,64	5,08	10,43	7,76
$N_{60}P_{30}K_{90}$	24,11	40,76	32,44	4,77	8,79	6,78
$N_{120}P_{30}K_{90}$	18,50	38,20	28,35	4,09	8,52	6,31
HCP ₀₅	1,62	3,71	3,23	0,42	1,05	0,72
$F_{факт}$	55,26	53,39	23,45	23,85	32,24	19,06
$F_{теор}$	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77

градская 204 за первый и второй годы жизни было установлено, что предпосевное внесение минерального азота под эти культуры оказало существенное влияние на их продуктивность. Однако отношение к нему было не одинаковое. Так, согласно данным табл. 1, внесение фосфорно-калийного удобрения дало прибавку по продуктивности зеленой массы клевера лугового первого года жизни 12,8 % к варианту без удобрений.

На продуктивность зеленой массы наибольшее влияние оказал вариант $N_{20}P_{30}K_{90}$ (+51,2 % относительно контроля), давший прибавку в 9,39 т/га. Дальнейшее увеличение дозы азотного удобрения способствовало снижению прибавки зеленой массы в вариантах $N_{40}P_{30}K_{90}$ (+44,3 %); $N_{60}P_{30}K_{90}$ (+31,46 %) до практически нулевой прибавки – у варианта $N_{120}P_{30}K_{90}$. Клевер луговой второго года жизни также положительно отзывался на внесение фосфорно-калийного удобрения ($N_0P_{30}K_{90}$), дав прибавку в 22,79 т/га, или 56, %. В вариантах $N_{20}P_{30}K_{90}$ и $N_{40}P_{30}K_{90}$ урожайность уменьшалась с увеличением доз азота (+20,3 % и +16,3 % к контролю соответственно). Вариант $N_{60}P_{30}K_{90}$ остался примерно на уровне контроля, а вариант $N_{120}P_{30}K_{90}$ показал снижение урожайности зеленой массы на 2,04 т/га (-5,1 %).

Тимофеевка луговая так же хорошо отзывалась на внесение фосфорно-калийных удобрений в первый год жизни, давая прибавку на уровне 19,4 % к контролю (табл. 2). Затем в отличие от клевера лугового показала положительное отношение к повышающимся дозам азота по вариантам $N_{20}P_{30}K_{90}$ (+24,3 %), $N_{40}P_{30}K_{90}$ (+33,2 %), $N_{60}P_{30}K_{90}$ (+42,9 %). Наилучший показатель отмечен

у варианта $N_{120}P_{30}K_{90}$ (+56,3 %) с прибавкой по зеленой массе 6,66 т/га. Тимофеевка луговая второго года также давала прибавку на уровне 3,2 т/га по зеленой массе на фоне внесения фосфорно-калийного удобрения. Внесение повышающихся доз азота в отличие от клевера вызвало рост урожайности по вариантам: $N_{20}P_{30}K_{90}$ (+15,3 %), $N_{40}P_{30}K_{90}$ (+50,3 %), $N_{60}P_{30}K_{90}$ (+67,0 %), $N_{120}P_{30}K_{90}$ (+91,1 %).

По урожайности воздушно-сухого вещества (табл. 1) клевер луговой первого года жизни дал наибольшую прибавку в варианте $N_{20}P_{30}K_{90}$ (+33,6 %). С повышением дозы азота прибавка уменьшалась в следующих вариантах: $N_{40}P_{30}K_{90}$ (+25,4 %), $N_{60}P_{30}K_{90}$ (+17,8 %), до прибавки в 1 % у варианта $N_{120}P_{30}K_{90}$. В варианте без азота наблюдалось снижение урожайности (-10,1 % к контролю). Клевер луговой второго года жизни на варианте $N_0P_{30}K_{90}$, напротив, дал существенную прибавку (4,51 т/га, или 50,6 %). В варианте $N_{20}P_{30}K_{90}$ прибавка по воздушно-сухому веществу составила 35,1 %, у $N_{40}P_{30}K_{90}$ – 17,1 %. У вариантов $N_{60}P_{30}K_{90}$ и $N_{120}P_{30}K_{90}$ наблюдалось снижение изучаемого показателя (-1,3 % и -4,4 % соответственно).

Тимофеевка луговая первого года жизни (табл. 2) в отличие от клевера показала отзывчивость на внесение удобрений, особенно повышенных доз азота. Наименьшая прибавка воздушно-сухого вещества наблюдали в варианте $N_0P_{30}K_{90}$ (+26,2 % к контролю). Далее прибавка увеличивалась с возрастанием доз азотных удобрений до $N_{120}P_{30}K_{90}$ (+70,8 % к контролю) – 3,08 т/га. Тимофеевка луговая второго года так же положительно отзывалась на повышение дозы азота, дав наибольшее количество



Характер действия возрастающих доз азотных удобрений на продуктивность тимофеевки луговой сорта Ленинградская 204

Вариант	Урожай зеленой массы, т/га			Урожай воздушно-сухого вещества, т/га		
	2017 г.	2018 г.	среднее за 2 года	2017 г.	2018 г.	среднее за 2 года
Без удобрений	11,83	13,19	12,51	4,35	6,89	5,62
$N_0P_{30}K_{90}$	14,12	16,39	15,26	5,49	8,22	6,86
$N_{20}P_{30}K_{90}$	14,71	15,21	14,96	6,02	7,14	6,58
$N_{40}P_{30}K_{90}$	15,76	19,83	17,80	5,97	9,53	7,75
$N_{60}P_{30}K_{90}$	16,90	22,03	19,47	6,88	11,04	8,96
$N_{120}P_{30}K_{90}$	18,49	25,21	21,85	7,43	12,07	9,75
НСР ₀₅	1,54	1,60	1,44	0,50	0,85	0,72
$F_{факт}$	19,76	70,78	48,68	40,24	54,78	40,78
$F_{теор}$	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77

воздушно-сухого вещества в варианте $N_{120}P_{30}K_{90}$ (+75,1 %) – на 5,18 т/га больше, чем на контроле без удобрений.

Сравнив массу воздушно-сухого вещества и пожнивно-корневых остатки (рис. 2), можно сделать вывод о том, что у клевера лугового по массе более развиты надземные органы, а у тимофеевки луговой – корневая система.

Так, у клевера лугового масса воздушно-сухого вещества надземных органов была в 1,2–2,0 раза больше воздушно-сухой массы корней, а у тимофеевки луговой корневая система в 1,2–1,6 раза больше по массе по сравнению с надземными органами по воздушно-сухому веществу. У обеих культур сбор пожнивно-корневых остатков с делянок, удобренных азотом, был больше по сравнению с контролем. Клевер с максимальным значением изучаемого показателя в варианте $N_{120}P_{30}K_{90}$ (4,50 т/га – в первый год жизни, 6,09 т/га – во второй

год); тимофеевка – на варианте $N_{120}P_{30}K_{90}$ (13,45 т/га – во второй год).

По результатам исследований проводили оценку действия минеральных удобрений на показатели экономической и энергетической эффективности возделывания клевера лугового и тимофеевки луговой в среднем за 2 года (табл. 3).

Анализ экономической и энергетической эффективности применения удобрений при возделывании клевера лугового показал, что оптимальными вариантами являются $N_0P_{30}K_{90}$, $N_{20}P_{30}K_{90}$ и $N_{40}P_{30}K_{90}$, так как были получены самые высокие прибавки урожайности и биоэнергетический коэффициент ($z = 6,8, 2,9$ и $1,1$ ед. соответственно). Однако вариант $N_0P_{30}K_{90}$ авторы не рекомендуют к использованию, так как со временем без применения полного минерального удобрения баланс основных элементов питания в почве станет отрицательным,

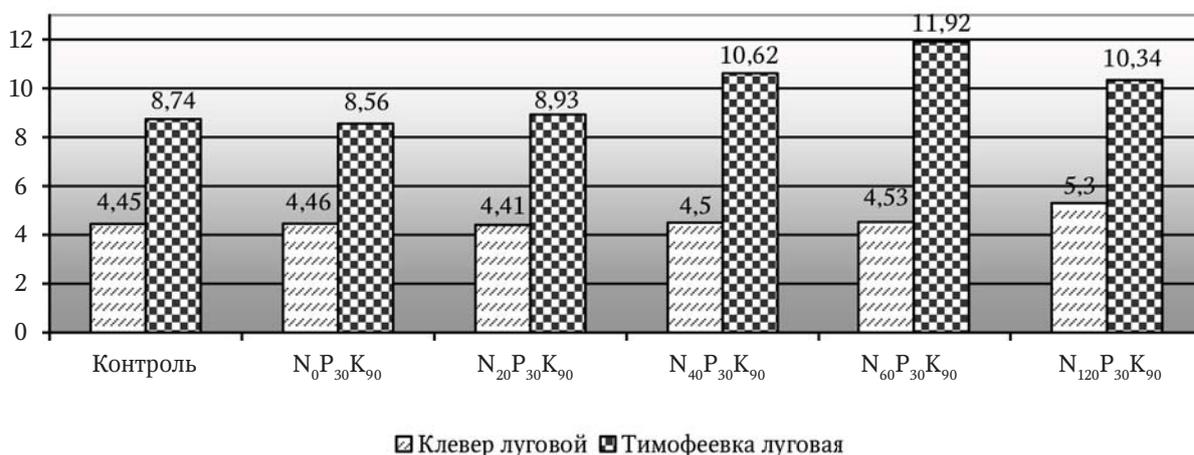


Рис. 2. Сбор пожнивно-корневых остатков в зависимости от возрастающих доз азотных удобрений, т/га (в среднем за 2017–2018 гг.)



**Экономическая и энергетическая эффективность при возделывании многолетних трав
(в среднем за 2017–2018 гг.)**

Вариант	Урожайность, т/га	Прибавка, т/га	Окупаемость 1 кг НРК зерном, кг/кг	Чистый доход, руб./га	Рентабельность, %	Биоэнергетический КПД (з), ед.	Энергозатраты на 1 т прибавки, гДж
Клевер луговой сорт Надежный							
Без удобрений	6,48	-	-	13840	247	-	-
$N_0P_{30}K_{90}$	8,53	2,05	17,08	9490	58	6,8	0,5
$N_{20}P_{30}K_{90}$	8,73	2,25	16,07	9290	54	2,9	1,3
$N_{40}P_{30}K_{90}$	7,76	1,28	8,00	5580	31	1,1	3,5
$N_{60}P_{30}K_{90}$	6,78	0,3	1,60	1840	9	0,2	21,0
$N_{120}P_{30}K_{90}$	6,31	-	-	-	-	-	-
Тимофеевка луговая сорт Ленинградская 204							
Без удобрений	5,62	-	-	9350	198	-	-
$N_0P_{30}K_{90}$	6,86	1,24	10,33	1950	12	4,1	0,9
$N_{20}P_{30}K_{90}$	6,58	0,96	6,85	450	2	1,2	2,9
$N_{40}P_{30}K_{90}$	7,75	2,13	13,31	2575	15	1,7	2,1
$N_{60}P_{30}K_{90}$	8,96	3,34	18,55	4800	27	1,9	1,8
$N_{120}P_{30}K_{90}$	9,75	4,13	17,20	4375	21	1,3	2,7

что приведет к полному истощению почвенных запасов.

Изучение эффективности применения минеральных удобрений на тимофеевке луговой показало, что наиболее оптимальными являются варианты $N_{40}P_{30}K_{90}$ и $N_{60}P_{30}K_{90}$, на которых получены наибольшие урожайность, чистый доход и биоэнергетический КПД. Дальнейшее увеличение дозы азотных удобрений (вариант $N_{120}P_{30}K_{90}$) является малоэффективным приемом, так как при высоких капиталовложениях сопровождается незначительным ростом экономических показателей.

Заключение. Изучив влияние возрастающих доз азотных удобрений на продуктивность клевера лугового Надежный в сравнении с небобовой культурой (в данном случае с тимофеевкой луговой), можно сделать вывод о том, что он хуже отзывается на удобрение азотом. Прибавка зеленой массы уменьшается с повышением дозы азота. Однако небольшие дозы его положительно влияют на урожай (+30,0 % у $N_{20}P_{30}K_{90}$ к контролю без удобрений в среднем за два года пользования). Наибольшая отзывчивость наблюдалась на фоне внесения фосфорно-калийных удобрений (+12,57 т/га в среднем за два года). У тимофеевки луговой прибавка урожая зеленой массы по мере повышения доз азота

до максимальной (вариант $N_{120}P_{30}K_{90}$), увеличивалась (+74,7 % к контролю). Аналогичная картина влияния азотных удобрений и на массу воздушно-сухого вещества обеих культур. Следовательно, применение азота целесообразно только в первый год жизни клевера лугового сорта Надежный. Для сохранения экологического равновесия авторы рекомендуют внесение оптимальных в агрономическом отношении доз минеральных удобрений на клевере луговом – $N_{20}P_{30}K_{90}$ и $N_{40}P_{30}K_{90}$, на тимофеевке луговой – $N_{40}P_{30}K_{90}$ и $N_{60}P_{30}K_{90}$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Архив погоды в Рославле. – Режим доступа: http://rp5.ru/archive.php?wmo_id=26882&lang=ru (дата обращения 21.01.2019).
2. Влияние азотных удобрений на формирование корневой и вегетативной масс растений различных ценозов / И.Ф. Медведев [и др.] // Аграрный научный журнал. – 2019. – № 10. – С. 34–39.
3. Державин Л.М. Методология проектирования применения удобрений и других средств химизации в ресурсосберегающих агротехнологиях при модернизации земледелия // Агрохимия. – 2013. – № 8. – С. 18–29.
4. Державин Л.М. Роль химизации и биологизации земледелия в отечественном производстве сельскохо-



зайственной продукции и обеспечение продовольственной безопасности РФ // *Агрехимия*. – 2010. – № 9. – С. 3–18.

5. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Книга по Требованию, 2012. – 352 с.

6. Дыцкова Т.А., Курдакова О.В. Клевер луговой сорт Надежный // *Плодоводство и ягодоводство России*. – 2014. – Т. 40. – № 1. – С. 122–125.

7. Конова А.М., Гаврилова А.Ю. Урожайность и качество многолетних трав двух годов пользования в зависимости от применения возрастающих доз минеральных удобрений, внесенных под покровную культуру // *Международный научно-исследовательский журнал*. – 2018. – № 4(70). – С. 53–57.

8. Многофункциональное адаптивное кормопроизводство: сб. науч. тр. – Вып. 13(61) / ФГБНУ «ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса». – М.: ООО «Угрешская типография», 2017. – 172 с.

9. Региональная система земледелия Смоленской области / А.М. Конова [и др.]. – Смоленск: Агронаучсервис, 2013. – 277 с.

10. Современное состояние проблемы азота в мировом земледелии / А.А. Завалин [и др.] // *Агрехимия*. – 2015. – № 5. – С. 83–95.

11. Рекашус Э.С., Курдакова О.В., Иванова С.В. Сравнительная оценка перспективных сортономеров клевера лугового двуукосного диплоидного селекции / ФГБНУ Смоленская

ГОСХОС // *Международный научно-исследовательский журнал*. – 2017. – № 10–3 (64). – С. 23–27.

Иванова Светлана Васильевна, младший научный сотрудник лаборатории селекционных технологий, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр лубяных культур». Россия.

Курдакова Ольга Васильевна, старший научный сотрудник лаборатории селекционных технологий, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр лубяных культур». Россия.

Конова Аминат Мсостовна, канд. с.-х. наук, зав. лабораторией селекционных технологий, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр лубяных культур». Россия.

Гаврилова Анна Юрьевна, канд. биол. наук, старший научный сотрудник лаборатории агротехнологий, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр лубяных культур». Россия.

214025, г. Смоленск, ул. Нахимова, 21.

Тел.: 89203007485;

e-mail: augavrilova@gmail.com.

Ключевые слова: клевер луговой; диплоидный; урожайность; воздушно-сухое вещество; тимopheевка луговая.

INFLUENCE OF INCREASING DOSES OF NITROGEN ON FEED PRODUCTIVITY OF PERENNIAL GRASSES

Ivanova Svetlana Vasil'evna, Junior Researcher of the laboratory of breeding technologies, Federal State Budget Research Institution "Federal Research Center for Bast Fiber Crops". Russia.

Kurdakova Olga Vasil'evna, Senior Researcher of the laboratory of breeding technologies, Federal State Budget Research Institution "Federal Research Center for Bast Fiber Crops". Russia.

Konova Aminat Msostovna, Candidate of Agricultural Sciences, head of the laboratory of breeding technologies, Federal State Budget Research Institution "Federal Research Center for Bast Fiber Crops". Russia.

Gavrilova Anna Yurievna, Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher of the laboratory of agricultural technologies, Federal State Budget Research Institution "Federal Research Center for Bast Fiber Crops". Russia.

Keywords: meadow clover; diploid; productivity; air-dry matter; timothy grass.

In the course of the experiment, the effect of increasing doses of nitrogen fertilizers on the yield of clover

of the meadow variety Nadezhny, entered in the State Register of Breeding Achievements in 2012, was analyzed. A comparison is also made of this influence with the timothy of the meadow variety Leningradskaya 204. It was established that the pre-sowing introduction of mineral nitrogen for clover and timothy has influenced the productivity of these crops, but the nature of this effect varies depending on the type of grass. The introduction of N_{20} against the background of $P_{30}K_{90}$, which provided an increase in control of 51.2% for green mass and 33.6% for air-dry matter, was optimal for meadow clover of the first year of life. For grassland clover second year of life, the best option was $N_0P_{30}K_{90}$, which gave an increase of 56.6% to the control on green mass and 50.6% on air-dry matter. A further increase in the dose of nitrogen on the options caused a decrease in yield increase. Timothy meadow for two years of life was traced responsiveness to the provision of nitrogen. The most productive in all respects was the option $N_{120}P_{30}K_{90}$.

