

## ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕЛЕННОЙ МАССЫ ЛЮЦЕРНЫ

*В.В. Дроздова, к.б.н., А.Х. Шеуджен, д.б.н., чл.-корр. РАСХН, Н.Н. Нецадим, д. с.-х.н., КубГАУ, А.Н. Лиманский, Агроцентр ЕвроХим-Краснодар*

*Рассмотрены результаты исследований по влиянию различных доз минеральных удобрений, внесенных в виде ранневесенних подкормок, на агрохимические показатели плодородия чернозема выщелоченного и продуктивность люцерны второго года жизни. Дана агроэкологическая оценка изучаемых доз минеральных удобрений.*

*Ключевые слова:* люцерна, чернозем выщелоченный, дозы удобрений, содержание элементов питания в почве, минеральный азот, подвижный фосфор, обменный калий, урожайность, качество.

Люцерна – один из лучших кормовых и фитомелиорирующих растений. В 1 ц зеленой массы люцерны содержится 18-22 корм. ед., 41-48 кг перевариваемого протеина и 6-7 г каротина. За 2-3 года ее использования, благодаря симбиозу с клубеньковыми бактериями, в почве накапливается 270-470 кг/га азота, что равноценно 1 т аммонийной селитры, или 50-60 т/га навоза. Люцерну можно рассматривать как рассоляющую почву культуру, так как она выносит из корнеобитаемого слоя значительное количество хлора [12]. Благодаря наличию глубокопроникающего стержневого корня и разветвленной корневой системы 3-, 4- и 5-го порядков, она закрепляет пахотный слой и тем самым защищает почву от ветровой и водной эрозии. Корневые и пожнивные остатки люцерны обогащают почву органическим веществом, богатым азотом, кальцием, калием и фосфором. Люцерна улучшает физические, физико-химические, биологические свойства почвы, поэтому является одним из лучших предшественников для всех сельскохозяйственных культур в полевых, кормовых и овощных севооборотах [4, 6, 9]. По образному выражению Гео Л. Клотье, люцерна любит солнечный свет и превращает солнечные лучи в звучное золото. Она извлекает из недр земли скрытые там сокровища, чудесным образом сохраняет землю, воздух, влагу и солнечный свет (цит. по П.Н. Константинову) [2].

Люцерна произрастает на всех типах почв, кроме засоленных, кислых и заболоченных, на которых трудно получить полноценные всходы. На формирование 1 кг сухого вещества надземной массы люцерны потребляет 2,3-2,5 кг азота (N), 0,5-0,7 – фосфора ( $P_2O_5$ ), 1,5-1,7 – калия ( $K_2O$ ) и 2,6-2,8 кг кальция (CaO). В минеральном питании люцерны важное значение имеет обеспеченность почвы фосфором и калием, которые повышают зимостойкость, улучшают процессы плодобразования и ускоренного созревания семян [11].

Основной биологической особенностью питания растений люцерны является фиксация азота атмосферы за счет симбиоза с клубеньковыми бактериями, поселяющимися на его корнях. Доля фиксированного клубеньковыми бактериями азота составляет 65-75 % от общего его содержания в растениях. Остальной азот она поглощает из почвенных запасов и внесенных удобрений. Другой биологической особенностью развития люцерны является строение ее корневой системы. В процессе своего онтогенетического развития она формирует корневую систему в слое почвы 0-4 м, но поглощение элементов питания из глубоких слоев с низким их содержанием очень слабое. Это обусловлено тем, что поглощательная способность корневой системы люцерны тесно связана с ее дыханием. При ограниченном доступе кислорода дыхание корней сильно ухудшается, что вызывает снижение усвоения элементов питания из глубоких слоев почвы. Кроме того, ослаблению физиологической активности корневой системы, расположенной в глубоких слоях, способствует пониженная

температура почвы и как следствие слабая биологическая активность аэробных микроорганизмов. Поэтому основной причиной массового опадения листьев и генеративных органов, дегенерации оплодотворенных семян является недостаточность фосфорно-калийного питания [1].

В силу упомянутых биологических особенностей растений люцерны, при ее выращивании система удобрения должна строиться с учетом наличия в пахотном слое почвы доступных форм элементов питания и почвенно-климатических условий региона. Такой подход позволит полнее реализовать потенциальные возможности растений люцерны и повысить агроэкологическую эффективность вносимых удобрений.

Цель исследований – решение теоретических и практических вопросов для обоснования доз и сочетаний минеральных удобрений, обеспечивающих получение высоких урожаев люцерны, установление их влияния на динамику содержания элементов питания в пахотном 0-20 см слое почвы.

**Методика.** Исследования проводили на стационарном опыте кафедры агрохимии Кубанского ГАУ, заложенном в 1981 г. на территории учхоза «Кубань». Объект исследования – сорт люцерны Славянская местная второго года жизни. Почва стационара – чернозем выщелоченный слабогумусный сверхмощный легкоголистый на лессовидных тяжелых суглинках, характеризующийся низким содержанием гумуса (3,39 %), средним – фосфора валового (0,18 %) и высоким – калия общего (2,0 %). Подробное описание агрохимических свойств и погодных условий дано в ряде работ, опубликованных сотрудниками кафедры агрохимии [7, 10].

Опыт включает 16 вариантов и представляет собой выборку - 1/4 часть полного факториального эксперимента  $4 \times 4 \times 4$ , образованную тремя факторами: азотом, фосфором и калием с использованием четырех доз: 0; 1; 2; 3. За единичную дозу принято  $N_{10}P_{10}K_{10}$ . Посевная площадь делянок 162 м<sup>2</sup>, учетная – 63 м<sup>2</sup>, размещение вариантов – рендомизированное. Минеральные удобрения вносили в форме аммонийной селитры, двойного суперфосфата, аммофоса и хлористого калия под ранневесеннее боронование. Агротехника в опыте общепринятая для данной зоны. Размер, конфигурация и размещение делянок позволяли механизировать все процессы по уходу за посевами и уборке урожая. Почвенные образцы отбирали поделочно с каждого варианта и с каждой повторности. В них определяли: содержание влаги – методом высушивания, аммонийный азот – с реактивом Несслера, нитратный азот – дисульфифеноловой кислотой, подвижные формы фосфора и калия – по Чирикову [3]. Учет урожайности зеленой массы проводили поделочно методом сплошной уборки. Статистическую оценку экспериментальных данных осуществляли методом дисперсионного анализа.

Цикл азота в почве характеризуется постоянно действующими минерализационно-иммобилизационными процессами взаимоперехода минерального азота в органические азотсодержащие соединения и обратно в результате процессов синтеза и разложения. Взаимодействие этих процессов определяет направленность потоков в агроэкосистемах: степень закрепления в почве, размеры использования растениями азотистых соединений и уровень газообразных их потерь. Мобилизация азота – процесс биологический, интенсивность которого зависит от наличия в почве элементов питания и энергетического материала. Без антропогенного воздействия на почву устанавливается определенное соотношение между C:N, оказывающее сильное влияние на интенсивность биохимических процессов. Изменить установившееся соотношение C:N в почве возможно

лишь путем внесения удобрений и энергетического материала. Поэтому для мобилизации азота почвы большое значение имеет применение минеральных и органических удобрений. Они являются материальной основой плодородия почв. Увеличение количества элементов питания и энергетического материала ведет к повышению микробиологической активности и накоплению в почве минерального азота: нитратов, нитритов, обменного и необменного (фиксированного) аммония.

При экстенсивном использовании пашни без внесения удобрений содержание азота в почве ежегодно снижается на 0,5-5,5 мг/кг. При их применении на фоне высокой культуры земледелия количество общего азота в почве за год повышается на 0,5 мг/кг. В год внесения азотных удобрений 20-35 % азота от применяемой дозы закрепляется в почве, основная часть которого участвует в процессах синтеза гумусовых веществ. Ежегодно минерализуется 4-5% исходного органического азота почвы [5].

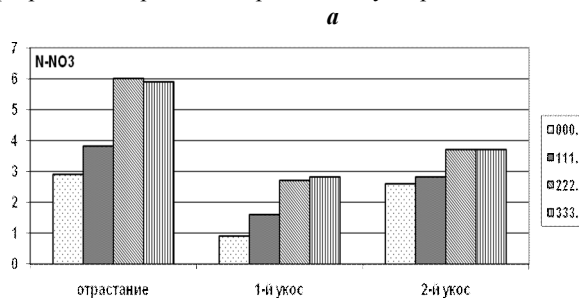
По динамике изменения запасов минерального азота в почве определяют обеспеченность возделываемых культур азотом и уровень их продуктивности, а также изменение качества урожая. По уровню запасов минерального азота в почве судят об опасности загрязнения продукции нитратами, газообразных потерях азота, а также о поступлении азотистых соединений в природные поверхностные и грунтовые воды. Максимальным оно было в начале весенней вегетации, т.е. во время отрастания, минимальным – перед первым укосом.

От применения минеральных удобрений количество нитратного азота в почве увеличивается на 5-25 % по сравнению с контролем. При этом с повышением дозы удобрений содержание нитратного азота в почве возрастало, особенно к первому укосу люцерны. Содержание нитратного азота в 0-20 см слое почвы под люцерной в варианте с естественным уровнем плодородия колебалось в значительной степени (рис. 1а).

Содержание азота обменного аммония в пахотном слое почвы в течение вегетации растений люцерны было значительно большим по сравнению с нитратным азотом, что обусловлено особенностью соотношения интенсивности процессов аммонификации и нитрификации в данной почве (рис. 1б).

Как следует из полученных данных, при внесении минеральных удобрений, как правило, увеличивается содержание в почве азота обменного аммония, что особенно заметно при внесении двойных ( $N_{20}P_{20}K_{20}$ ) и тройных ( $N_{30}P_{30}K_{30}$ ) доз удобрений. Это, вероятно, связано, с одной стороны, с накоплением азота, а с другой – с усилением деятельности азотобактера.

Уровень урожая напрямую связан с содержанием в почве подвижных соединений фосфора. Доступность растениям этого элемента в каждой почве зависит от соотношения процессов мобилизации и иммобилизации фосфора, постоянно идущих в почве: растворения и осаждения, адсорбции и десорбции, минерализации и биологического закрепления. Содержание подвижного фосфора является одним из основных агрохимических показателей плодородия почв и характеризует запас усвояемого фосфора. Этот показатель используется для оценки бонитета почвы, планирования урожайности и разработки нормативов применения удобрений.



**б**

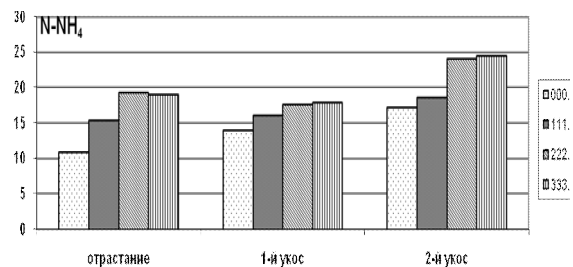


Рис. 1. Динамика содержания нитратного (а) и аммонийного (б) азота в черноземе выщелоченном под люцерной, мг/кг почвы (в среднем за 2003-2005 гг.)

Количество подвижного фосфора в черноземе выщелоченном непостоянно (рис. 2). Во время ранневесеннего отрастания растений люцерны содержание его не превышало 130 мг/кг почвы, что по существующей градации позволяет отнести чернозем выщелоченный стационарного участка к среднеобеспеченным по фосфору.

Удобрения улучшают фосфорный режим почвы. Обогащение почв подвижным фосфором имеет различное количественное выражение в зависимости от физических и физико-химических свойств почв, их влажности, форм и доз применяемых удобрений. Как следует из полученных данных, максимальное содержание подвижного фосфора в почве прослеживается в вариантах с тройными ( $N_{30}P_{30}K_{30}$ ) и двойными ( $N_{20}P_{20}K_{20}$ ) дозами удобрений и составляет – 318,2 и 315,4 мг/кг почвы соответственно. Внесение единичных ( $N_{10}P_{10}K_{10}$ ) доз удобрений не привело к значительным изменениям его содержания в почве по отношению к контролю.

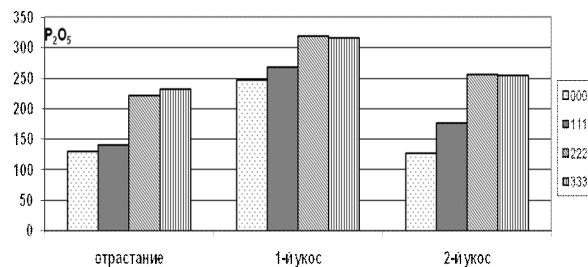


Рис. 2. Динамика содержания подвижного фосфора в черноземе выщелоченном под люцерной, мг/кг почвы (в среднем за 2003-2005 гг.)

Рациональное применение экономически оправданных и экологически допустимых доз калийных удобрений, наряду с улучшением агротехники, повышением общего уровня культуры земледелия, играет решающую роль в сохранении плодородия почв и получении высококачественной продукции. Успешное решение проблемы оптимизации калийного питания растений с учетом эффективного использования почвенных запасов калия, поддержание плодородия почв, повышение эффективности других видов минеральных удобрений возможно лишь на основе комплексного подхода к изучению процессов трансформации калия как во внутрипочвенном цикле, так и в агроценозе в целом.

Калийный режим исследуемого чернозема выщелоченного более благоприятный, чем азотный и фосфорный. Содержание подвижного калия в нем на контроле в момент весеннего отрастания люцерны составляло 205-210 мг/кг почвы; в течение года оно остается более или менее постоянным, что объясняется высокой способностью данной почвы восстанавливать равновесную концентрацию водорастворимого и обменного калия (рис. 3).

Увеличения содержания подвижного калия в черноземе выщелоченном после применения минеральных удобрений не наблюдается, видимо, вследствие фиксации калия трехслойными слюдоподобными минералами типа иллита, а также включения в состав органоминеральных комплексов.

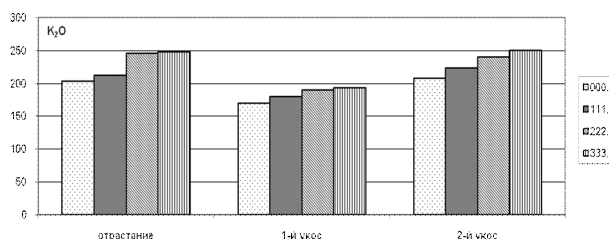


Рис. 3. Динамика содержания обменного калия в черноземе выщелоченном под люцерной, мг/кг почвы (в среднем за 2003-2005 гг.)

Таким образом, при внесении под люцерну минеральных удобрений на черноземе выщелоченном в почве с ростом доз пополняется запас подвижных форм элементов питания и создаются благоприятные условия для формирования высокого урожая зеленой массы люцерны.

Урожайность зеленой массы люцерны в среднем за три года составила 260,7-350,1 ц/га с колебаниями по годам от 213,0 до 423,0 ц/га в зависимости от погодных условий, влияние которых весьма существенно. Применение минеральных удобрений отразилось на величине урожайности зеленой массы люцерны (табл. 1).

Из отдельных элементов питания, в условиях проведения опыта максимальным положительным действием отличался азот. Прибавка от азота в дозе 20 кг/га составила 31,6 ц/га. Уменьшать дозу азотного удобрения в 2 раза (варианты N<sub>10</sub>P<sub>10</sub>K<sub>10</sub>, N<sub>10</sub>P<sub>10</sub>K<sub>30</sub>, N<sub>10</sub>P<sub>30</sub>K<sub>30</sub>) нецелесообразно, так как это приводит к заметному снижению урожайности зеленой массы люцерны, соответственно, на 11,6; 11,6; 4,3; 14,4 ц/га.

Эффективность фосфора и особенно калия значительно ниже по сравнению с азотом. Прибавка от фосфора составила 13,7 ц/га, от калия – 6,3 ц/га, т.е. находилась в пределах ошибки опыта. Следовательно, из трех видов удобрений ведущее значение в формировании урожая зеленой массы люцерны имели азотные, фосфорно-калийные играли второстепенную роль. Преобладание фосфора и калия над азотом (N<sub>10</sub>P<sub>30</sub>K<sub>30</sub>) в системе удобрения создало определенную несбалансированность в питании растений.

#### 1. Урожайность зеленой массы люцерны при применении минеральных удобрений (в среднем за 2003-2005 гг.)

| Вариант           | Урожайность, ц/га | Прибавка |      |
|-------------------|-------------------|----------|------|
|                   |                   | ц/га     | %    |
| 000               | 260,7             | -        | -    |
| 200               | 292,3             | 31,6     | 12,1 |
| 020               | 274,4             | 13,7     | 5,2  |
| 002               | 267,0             | 6,3      | 2,4  |
| 220               | 296,7             | 36,0     | 13,8 |
| 202               | 302,5             | 41,8     | 16,0 |
| 022               | 281,0             | 20,3     | 7,8  |
| 222               | 350,1             | 89,4     | 34,3 |
| 111               | 280,7             | 20,0     | 7,7  |
| 311               | 285,3             | 24,6     | 9,4  |
| 131               | 280,7             | 20,0     | 7,7  |
| 113               | 288,0             | 27,3     | 10,5 |
| 331               | 314,7             | 54,0     | 20,7 |
| 313               | 310,0             | 49,3     | 18,9 |
| 133               | 277,9             | 17,2     | 6,6  |
| 333               | 326,7             | 82,6     | 31,7 |
| НСР <sub>05</sub> |                   | 31,1     |      |

Наибольшая урожайность зеленой массы люцерны получена в варианте N<sub>20</sub>P<sub>20</sub>K<sub>20</sub>. Прибавка составила 89,4 ц/га, т.е. каждый килограмм действующего вещества внесенного удобрения (NPK) приносил 1,45 ц/га дополнительной продукции. Внесение азотно-фосфорно-калийного удобрения из расчета N<sub>30</sub>P<sub>30</sub>K<sub>30</sub> давало достоверную прибавку урожайности зеленой массы люцерны по отношению к контролю, но не приводило к росту урожайности по сравнению с вариантом N<sub>20</sub>P<sub>20</sub>K<sub>20</sub>.

Качество и питательная ценность кормовых растений в значительной степени определяются условиями их минерального питания.

К.А. Тимирязев [7] придавал большое значение условиям питания растений в процессе формирования урожая. Он не только отмечал факт влияния условий питания растений на их химический состав, но и подчеркивал необходимость выявить закономерности этой связи и использовать их на благо человеку.

Проведенные исследования показали, что удобрения оказали существенное влияние на качество и питательную ценность зеленой массы люцерны (табл. 2).

#### 2. Урожайность и питательная ценность зеленой массы люцерны (в среднем за 2003-2005 гг.)

| Вариант           | Сухое вещество | Кормовые единицы | Протеин | Зола |
|-------------------|----------------|------------------|---------|------|
|                   | ц/га           | ц/га             | %       | %    |
| 000               | 67,8           | 57,4             | 15,9    | 8,38 |
| 200               | 76,0           | 64,3             | 18,3    | 8,21 |
| 020               | 71,3           | 60,4             | 16,7    | 8,46 |
| 002               | 69,4           | 58,7             | 18,3    | 8,55 |
| 220               | 77,1           | 65,3             | 21,7    | 8,18 |
| 202               | 78,7           | 66,6             | 20,5    | 8,24 |
| 022               | 73,1           | 61,8             | 19,1    | 8,50 |
| 222               | 91,0           | 77,0             | 22,0    | 7,89 |
| 111               | 73,0           | 61,8             | 18,0    | 8,05 |
| 311               | 74,2           | 62,8             | 15,6    | 8,00 |
| 131               | 73,0           | 61,8             | 19,1    | 8,08 |
| 113               | 74,9           | 63,4             | 16,8    | 8,24 |
| 331               | 81,8           | 69,2             | 18,2    | 8,22 |
| 313               | 80,6           | 68,2             | 20,5    | 8,39 |
| 133               | 72,3           | 61,1             | 19,0    | 8,30 |
| 333               | 84,9           | 71,9             | 21,9    | 7,96 |
| НСР <sub>05</sub> | 5,4            |                  |         |      |

При внесении удобрений повышалось содержание сухого вещества в зеленой массе люцерны. При их применении из расчета N<sub>10</sub>P<sub>10</sub>K<sub>10</sub> выход сухого вещества с посевной площади возрос с 67,8 до 73,0 ц/га. С возрастанием дозы удобрений до N<sub>20</sub>P<sub>20</sub>K<sub>20</sub> количество сухого вещества, собранного с 1 га, увеличилось дополнительно еще на 18,0 ц и составило 91,0 ц/га. Увеличение дозы удобрения до N<sub>30</sub>P<sub>30</sub>K<sub>30</sub> не привело к дальнейшему росту сухого вещества в зеленой массе люцерны.

Под воздействием вносимых на посевах люцерны удобрений повысился выход кормовых единиц на 1,3-19,6 ц/га. Максимальный прирост кормовых единиц получен при внесении N<sub>20</sub>P<sub>20</sub>K<sub>20</sub>. Дальнейшее увеличение дозы вносимых удобрений было менее эффективным, т.е. не сопровождалось повышением выхода кормовых единиц с единицы посевной площади.

Оптимальным содержанием протеина в корме считается 15-20% при минимально допустимом 10%. Содержание протеина в кормах более 25% нежелательно, т.к. это отражается на здоровье животных. Содержание протеина в наших исследованиях в значительной степени зависело от видов, сочетаний и доз минеральных удобрений и колебалось от 15,9% в контрольном варианте до 22% в варианте N<sub>20</sub>P<sub>20</sub>K<sub>20</sub>. Иными словами, его содержание было на уровне оптимального значения. Накопление в растениях люцерны элементов питания в значительной мере определяет общую закономерность. Наблюдалась хорошо выраженная тенденция к увеличению количества золы под влиянием калийных и фосфорных удобрений, а также их сочетания. При внесении полного минерального удобрения (NPK) зольность зеленой массы заметно снижалась.

**Закключение.** При внесении под люцерну минеральных удобрений на черноземе выщелоченном в почве с ростом доз пополняется содержание подвижных форм элементов питания и создаются благоприятные условия для формирования высокого урожая зеленой массы люцерны. Наибольшая урожайность зеленой массы люцерны получена в варианте N<sub>20</sub>P<sub>20</sub>K<sub>20</sub>. Прибавка составила 89,4 ц/га, т.е. каждый килограмм действующего вещества внесенного удобрения (NPK) давал 1,45 ц/га дополнительной продукции.

При внесении удобрений повышалось и содержание сухого вещества в зеленой массе люцерны. Так при дозе  $N_{20}P_{20}K_{20}$  количество сухого вещества, собранного с 1 га, увеличилось на 18,0 ц и составило 91,0 ц/га. Максимальный прирост корневых единиц получен в этом же варианте.

Таким образом, при правильном применении удобрений люцерны способна давать высокие урожаи, и внесенные удобрения хорошо оплачиваются дополнительным урожаем.

#### Литература

1. Голобородько, С.П. Люцерна / С.П. Голобородько, Н.Н. Лазарев. – М.: РГАУ-МСХА им К.А. Тимирязева, 2009. – 425 с.
2. Константинов, П.Н. Люцерна и ее культура на Юго-Востоке европейской части СССР / П.Н. Константинов. Избранные сочинения. – М.: Сельхозгиздат, 1963. – С. 500-646.
3. Куркаев, В.Т. Агрохимия / В.Т. Куркаев, А.Х. Шеуджен. – Майкоп: ГУРИПП «Адыгея», 2000. – 552 с.
4. Пикун, П.Т. Люцерна и ее возможности / П.Т. Пикун – Минск: «Белорусская наука», 2012. – 310 с.
5. Сычев, В.Г. Роль азота в интенсификации продукционного процесса. Т. 1. Агрохимические аспекты роли азота в продукционном процессе. / В.Г. Сычев, О.А. Соколов, Н.Я. Шмырева. – М.: ВНИА им. Д.Н. Прянишникова, 2009 – 424 с.

6. Технология возделывания многолетних бобовых трав и создание культурных пастбищ в условиях Краснодарского края. Методические рекомендации / Отв. за вып. Е.М. Сорочинская. – Краснодар: Депар. с.-х. и перерабатывающей промышленности Краснодарского края, 2010. – 40 с.

7. Тимирязев, К.А. Жизнь растения. – Петровское-Разумовское, 1878 / К.А. Тимирязев. Сочинения. – Т. 4. – М.: Сельхозгиздат, 1938. – 380 с.

8. Шеуджен, А.Х. Влияние доз и сочетаний минеральных удобрений на урожайность и качество сельскохозяйственных культур, возделываемых на черноземе выщелоченном Западного Предкавказья / А.Х. Шеуджен, А.И. Столяров, Л.П. Леплявченко и др. // Тр. КубГАУ, 2008. Вып. 431 (459). – С. 160-184.

9. Шеуджен, А.Х. Люцерна / А.Х. Шеуджен, Л.М. Онищенко, Х.Д. Хурум. – Майкоп: Полиграфиздат «Адыгея», 2007. – 226 с.

10. Шеуджен, А.Х. Система удобрения / А.Х. Шеуджен, Н.Н. Нешадим, Л.М. Онищенко. – Краснодар: КубГАУ, 2009. – 206 с.

11. Шеуджен, А.Х. Удобрение люцерны / А.Х. Шеуджен, Л.М. Онищенко, Х.Д. Хурум. – Майкоп: ГУРИПП «Адыгея», 2005. – 42 с.

12. Шильников И.А., Сычев В.Г., Шеуджен А.Х., Аканова Н.И., Бондарева Т.Н., Кизинёв С.В. Потери элементов питания растений в агро-биогеохимическом круговороте веществ и способы их минимизации. – М.: Изд-во ВНИИА, 2012. – 351 с.

## EFFECT OF MINERAL FERTILIZERS ON THE YIELD AND QUALITY OF ALFALFA GREEN MASS

V.V. Drozdova<sup>1</sup>, A.Kh. Sheudzen<sup>1</sup>, N.N. Neshchadim<sup>1</sup>, A.N. Limansky<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Kuban State Agrarian University ul. Kalinina 13, Krasnodar, 350044 Russia <sup>2</sup>Agrocenter EuroChem-Krasnodar ul. Sovetskaya 30, Krasnodar, 350063 Russia, E-mail: Anatoly.Limansky@eurochem.ru

*The effect of different early-spring fertilizer rates on the agrochemical parameters of leached chernozem fertility and the productivity of second-year alfalfa has been studied. The agroecological assessment of the studied fertilizer rates has been performed.*

*Keywords: alfalfa, leached chernozem, fertilizer rates, nutrient status of soil, mineral nitrogen, available phosphorus, exchangeable potassium, yield, quality.*